

DERWENT-ACC-NO: 1997-496059

DERWENT-WEEK: 199746

COPYRIGHT 2007 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Group III-V semiconductor light emitting element - has p-type clad layer embedded in undoped aluminium nitride layer, facing side faces of ridges formed by etching electrode

PATENT-ASSIGNEE: MATSUSHITA DENKI SANGYO KK[MATU]

PRIORITY-DATA: 1996JP-0034559 (February 22, 1996)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE	PAGES	MAIN-IPC
JP <u>09232680</u> A	September 5, 1997	N/A	016	H01S 003/18

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO	APPL-DATE
JP 09232680A	N/A	1996JP-0034559	February 22, 1996

INT-CL (IPC): H01L033/00, H01S003/18

ABSTRACTED-PUB-NO: JP 09232680A

BASIC-ABSTRACT:

The element consists of a sapphire substrate (1) on whose surface a double heterostructure comprising an n-type AlGaIn clad layer (3), a GaInN barrier layer (5) and a p-type AlGaIn clad layer (7) are sequentially formed. The p-type clad layer is embedded in an undoped AlN layer (8). An electrode is formed on the double heterostructure.

The heterostructure is selectively etched to form ridges on the side faces of the electrode. The refractive index of the embedded p-type clad layer is smaller than that of the other layers of the double heterostructure.

ADVANTAGE - Attains current constriction and single transverse mode

confinement. Obtains good rate of yield.

CHOSEN-DRAWING: Dwg.1/12

TITLE-TERMS: GROUP SEMICONDUCTOR LIGHT EMIT ELEMENT P TYPE  
CLAD LAYER EMBED

UNDOPED ALUMINIUM NITRIDE LAYER FACE SIDE FACE RIDGE  
FORMING ETCH  
ELECTRODE

DERWENT-CLASS: L03 U12 V08

CPI-CODES: L04-A02D; L04-C11C; L04-E03B;

EPI-CODES: U12-A01A1A; U12-A01B1A; U12-A01B6; U12-E01A5; V08-A01A;  
V08-A01D;  
V08-A04A;

SECONDARY-ACC-NO:

CPI Secondary Accession Numbers: C1997-157856

Non-CPI Secondary Accession Numbers: N1997-413223

PAT-NO: JP409232680A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 09232680 A

TITLE: SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING ELEMENT AND ITS  
MANUFACTURING METHOD

PUBN-DATE: September 5, 1997

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

KAMIMURA, NOBUYUKI

ISHIBASHI, AKIHIKO

KUME, MASAHIRO

BAN, YUZABURO

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

N/A

APPL-NO: JP08034559

APPL-DATE: February 22, 1996

INT-CL (IPC): H01S003/18, H01L033/00

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To cut down the threshold value current by a method wherein a ridge or mesa around a laser structured electrode made of an N containing III-V group compound is etched away to be laminated and buried in with the group compound in the smaller effective refractive index in lateral direction than that in a current implanted part.

SOLUTION: An n-type A N buffer layer 2, an undoped GaN optical guide layer 4, an undoped Ga<SB>0.9</SB>In<SB>0.1</SB>N active layer 5, an undoped GaN

optical layer 6, etc., are formed on a substrate 1. Next, an undoped AlN layer 8 to form a mask leaving a specific width region for removing the undoped AlN layer by an etching step. Next, an N clad layer 7 is laminated further to form an In electrode 9 and Ni/Au electrode 10. By the formation of the AlN layer 8, the effective refractive index difference in the lateral direction between a current implanted part and a non-implanted part can be increased thereby making feasible the single lateral mode oscillation.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-232680

(43)公開日 平成9年(1997)9月5日

(51)Int.Cl. <sup>a</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 S 3/18			H 0 1 S 3/18	
H 0 1 L 33/00			H 0 1 L 33/00	C

審査請求 未請求 請求項の数29 O L (全 16 頁)

(21)出願番号 特願平8-34559

(22)出願日 平成8年(1996)2月22日

(71)出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者 上村 信行

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72)発明者 石橋 明彦

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72)発明者 桑 雅博

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(74)代理人 弁理士 滝本 智之 (外1名)

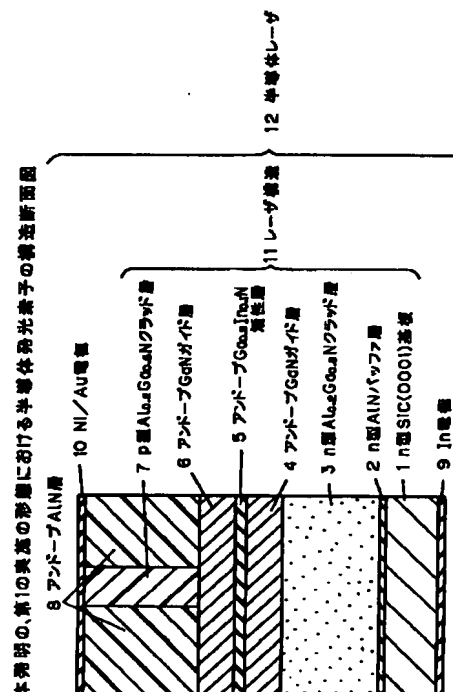
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 半導体発光素子及びその製造方法

(57)【要約】

【課題】 電流狭窄及び単一横モード閉じ込めを実現した半導体発光素子を提供する。

【解決手段】 n型SiC(0001)基板1上に、GaInN活性層5とそれはさむp型AlGaInクラッド層7、n型AlGaInクラッド層3とが形成されている。p型クラッド層7は、アンドープAlN層8で埋め込まれている。これにより、電流狭窄が実現してしきい値電流が下がり、横方向の屈折率差が生じるので単一横モード閉じ込めが実現する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】サファイア基板と、前記サファイア基板上に作製された、Nを含有するIII-V族化合物より構成されるダブルヘテロ構造と、前記ダブルヘテロ構造の上に作製された電極と、電極のまわりをエッチングすることによって作製したリッジまたはメサ構造と、前記リッジまたはメサ構造の側面を、前記ダブルヘテロ構造の実効屈折率よりも小さな、Nを含有するIII-V族化合物で積層した埋め込み構造とを有することを特徴とする半導体発光素子。

【請求項2】サファイア基板の代わりにSiC、Si、ZnOまたは酸化物基板基板を用いることを特徴とする請求項1記載の半導体発光素子。

【請求項3】サファイア基板と、前記サファイア基板上に作製された、Nを含有するIII-V族化合物より構成されるダブルヘテロ構造と、前記ダブルヘテロ構造の上に作製された電極と、電極のまわりをエッチングすることによって作製したリッジまたはメサ構造と、前記リッジまたはメサ構造の側面を、前記ダブルヘテロ構造の実効屈折率よりも小さなII-VI族化合物で積層した埋め込み構造とを有することを特徴とする半導体発光素子。

【請求項4】サファイア基板の代わりにSiC、Si、ZnOまたは酸化物基板基板を用いることを特徴とする請求項3記載の半導体発光素子。

【請求項5】サファイア基板と、前記サファイア基板上に作製された、Nを含有するIII-V族化合物より構成されるダブルヘテロ構造と、前記ダブルヘテロ構造の上に作製された電極と、電極部分をエッチングすることによって作製したセルフアラインド構造と、前記セルフアラインド構造の側面が、AlNからなる埋め込み構造とを有することを特徴とする半導体発光素子。

【請求項6】サファイア基板の代わりにSiC、Si、ZnOまたは酸化物基板基板を用いることを特徴とする請求項5記載の半導体発光素子。

【請求項7】サファイア基板と、前記サファイア基板上に作製された、Nを含有するIII-V族化合物より構成されるダブルヘテロ構造と、前記ダブルヘテロ構造の上に作製された電極と、電極部分をエッチングし、その上にNを含有するIII-V族化合物よりなる層を形成したセルフアラインド構造と、前記セルフアラインド構造の側面が、AlNからなる埋め込み構造とを有することを特徴とする半導体発光素子。

【請求項8】サファイア基板の代わりにSiC、Si、ZnOまたは酸化物基板基板を用いることを特徴とする請求項7記載の半導体発光素子。

【請求項9】サファイア基板と、前記サファイア基板上に作製された、Nを含有するIII-V族化合物より構成されるダブルヘテロ構造と、前記ダブルヘテロ構造の上に作製された電極と、電極部分をエッチングし、その

上にNを含有するIII-V族化合物よりなる電流注入層を形成したセルフアラインド構造と、前記セルフアラインド構造の側面が、AlN層及びその上にNを含有する、前記電流注入層と同じ組成を有するIII-V族化合物よりなる層から形成される埋め込み構造とを有することを特徴とする半導体発光素子。

【請求項10】サファイア基板の代わりにSiC、Si、ZnOまたは酸化物基板基板を用いることを特徴とする請求項9記載の半導体発光素子。

10 【請求項11】サファイア基板上に作製された、Nを含有するIII-V族化合物より構成される、活性層から見て基板と反対側のクラッド層がAlNであるダブルヘテロ構造について、前記ダブルヘテロ構造の、電流を注入しない部分にSiO<sub>2</sub>を積層し、エッチングを用いて前記SiO<sub>2</sub>が積層されていない部分のAlNを除去する。そのAlNが除去された部分にNを含有するIII-V族化合物を結晶成長させ、埋め込みヘテロ構造を有する半導体発光素子を作製することを特徴とする半導体発光素子の製造方法。

20 【請求項12】サファイア基板の代わりにSiC、Si、ZnOまたは酸化物基板基板を用いることを特徴とする請求項11記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項13】電流を注入しない部分に、SiO<sub>2</sub>の代わりにAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>等の酸化物を用いることを特徴とする請求項11記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項14】前記AlNを除去するのに水酸化カリウム等のアルカリ性水溶液によりウェットエッチングを行うことを特徴とする半導体発光素子の製造方法。

30 【請求項15】Al及びNを含有するIII-V族化合物より構成されるレーザ構造の、III-V族化合物側の電流注入部分にSiO<sub>2</sub>またはAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>等の酸化物を積層し、前記酸化物の積層されていない部分を水酸化カリウム等のアルカリ性水溶液によりウェットエッチングすることによってリッジまたはメサ構造を形成することを特徴とする半導体発光素子の製造方法。

40 【請求項16】サファイア基板と、サファイア基板上に作製された、Nを含有するIII-V族化合物より構成されるダブルヘテロ構造と、AlN層中にGaNからなる厚さ1000Å以下の層をはさんだ層を含む埋め込み構造とを有することを特徴とする半導体発光素子。

【請求項17】前記Nを含有するIII-V族化合物より構成されるダブルヘテロ構造の代わりに面発光型レーザ構造を有することを特徴とする請求項16記載の半導体発光素子。

50 【請求項18】サファイア基板と、前記サファイア基板上に作製された、Nを含有するIII-V族化合物より構成される、活性層から見て基板と反対側のクラッド層がAlNであるダブルヘテロ構造について、前記AlN層中にGaNからなる厚さ1000Å以下の層をはさみ、ダブルヘテロ構造の、電流を注入しない部分にSi

O<sub>2</sub>を積層し、エッチングを用いて前記SiO<sub>2</sub>が積層されていない部分のAlNを除去し、そのAlNが除去された部分にNを含有するIII-V族化合物を結晶成長させ、埋め込みヘテロ構造を有する半導体発光素子を作製することを特徴とする半導体発光素子の製造方法。

【請求項19】電流を注入しない部分に、SiO<sub>2</sub>の代わりにAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>等の酸化物を用いることを特徴とする請求項18記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項20】前記AlNを除去するのに水酸化カリウム等のアルカリ性水溶液によりウェットエッチングを行うことを特徴とする、請求項18記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項21】前記Nを含有するIII-V族化合物より構成されるダブルヘテロ構造の代わりに面発光型レーザ構造に対して行うことを特徴とする請求項18記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項22】サファイア基板と、前記サファイア基板上に作製された、Nを含有するIII-V族化合物より構成される、活性層から見て基板と反対側のクラッド層がAlNであるダブルヘテロ構造について、前記ダブルヘテロ構造の、電流を注入する部分にSiO<sub>2</sub>を積層し、エッチングを用いて前記SiO<sub>2</sub>が積層されていない部分のAlNを除去し、そのAlNが除去された部分にNを含有するIII-V族化合物を結晶成長させ、SiO<sub>2</sub>を除去した後、今度は前記ダブルヘテロ構造の、電流を注入する部分にSiO<sub>2</sub>を積層し、エッチングを用いて前記SiO<sub>2</sub>が積層されていない部分のAlNを除去し、そのAlNが除去された部分に、前記Nを含有するIII-V族化合物よりも屈折率の大きい、Nを含有するIII-V族化合物を結晶成長させ、埋め込みヘテロ構造を有する半導体発光素子を作製することを特徴とする半導体発光素子の作製方法。

【請求項23】前記AlNを除去するのに水酸化カリウム等のアルカリ性水溶液によりウェットエッチングを行うことを特徴とする請求項22記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項24】活性層から見て基板と反対側のクラッド層がAlNであるダブルヘテロ構造について、前記AlN層中にGa<sub>2</sub>Nからなる厚さ1000Å以下の層をはさみ、ダブルヘテロ構造の、電流を注入しない部分にSiO<sub>2</sub>を積層し、エッチングを用いて前記SiO<sub>2</sub>が積層されていない部分のAlNを除去することを特徴とする請求項22記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項25】前記Nを含有するIII-V族化合物より構成されるダブルヘテロ構造の代わりに面発光型レーザ構造に対して行うことを特徴とする請求項22記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項26】エッチングしない部分に対する、Nを含有するIII-V族化合物の結晶成長と、エッチングする部分に対する、Nを含有するIII-V族化合物を結

晶成長させる順序を逆にすることを特徴とする請求項22記載の半導体発光素子の作製方法。

【請求項27】前記Nを含有するIII-V族化合物より構成されるダブルヘテロ構造の代わりに面発光型レーザ構造に対して行うことを特徴とする請求項26記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項28】サファイア基板と、前記サファイア基板上に作製された、Nを含むIII-V族化合物からなる面発光型レーザ構造において、III-V族化合物半導体の積層構造によって構成される、アンドープまたはp型ミラーを有することを特徴とする半導体発光素子。

【請求項29】前記アンドープまたはp型ミラーにおいて、MgSとMgSeの積層構造によって構成されることを特徴とする請求項28記載の半導体発光素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、Nを含むIII-V族化合物からなる発光素子に関するものである。

【0002】

【従来の技術】次世代高密度情報処理技術のキーデバイスとして、レーザの短波長化が可能な、Nを含むIII-V族化合物半導体は注目を浴びている。

【0003】従来よりNを含むIII-V族化合物半導体より構成されるレーザ構造として、図9に示されている構造が知られている。この構造のキャビティ長は1mm、ストライプ幅0.5mmで、活性層がMQW構造であるダブルヘテロ構造を有することを特徴としている。この構造により発振波長410nm、しきい値電圧40V、しきい値電流20A、しきい値電流密度4kA/cm<sup>2</sup>、デューティ0.1%の室温パルス発振が実現している。

【0004】また、従来より、Nを含むIII-V族化合物からなる面発光レーザ(Surface-Emitting Laser、略してSEL)構造として、図10に示すような構造が知られている(Tohru Honda et.al.; Japan Journal of Applied Physics Vol.34(1995)pp.3527-3532)。

【0005】また、従来より、図9、図10に示すような、Nを含むIII-V族化合物からなるSEL構造またはレーザ構造を製造する技術として、再成長前にドライエッチングを行って電流注入層を形成する方法が採用されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】Nを含むIII-V族化合物半導体より構成されるレーザ構造に関する技術には、次にあげる2つの問題があった。

【0007】1つ目は、上記図9に示すようなレーザ構造は、ストライプ幅が0.5mmで広く、電流狭率が困難であり、そのためにしきい値電流が20Aと非常に大きくなり、レーザの室温連続発振は困難であった。

【0008】2つ目は、上記図9に示すようなレーザ構

5

造は、ストライプ幅が0.5mmで広く、横方向の屈折率差がつかず、横モード制御ができない。そのため、光情報記録・再生用のレーザとしての単一横モード発振を実現することはできなかった。

【0009】また、前記の、Nを含むIII-V族化合物半導体より構成される面発光レーザ構造に関する技術には、次にあげる2つの問題があった。

【0010】1つ目は、上記図10に示すような、Nを含むIII-V族化合物からなるSEL構造は、結晶再成長によってミラーを作製する際に成長温度を室温から1000℃以上に上げなければならず、そのため熱歪による結晶性の劣化が生じるという問題があった。

【0011】2つ目は、上記図10に示すような、Nを含むIII-V族化合物からなるSEL構造に関して活性層に $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ を用いた場合、結晶再成長の際に成長温度1000℃以上に上げるために、活性層のInの脱離が起きやすいという問題があった。

【0012】そこで本発明は、電流狭窄及び単一横モード閉じ込めを実現し、しきい値電流が従来より低い、Nを含有するIII-V族化合物より構成される半導体発光素子を提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、本発明のレーザ構造またはSEL構造の作製は、図6に示されている有機金属気相エピタキシャル装置を用い、有機金属気相エピタキシャル成長法により行われるものである。

【0014】また、本発明のレーザ構造を製造する際、III-V族化合物の結晶成長は図7に示される分子線エピタキシャル成長装置を用い、分子線エピタキシャル成長法により行われるものである。

【0015】そこで本発明者は、Nを含むIII-V族化合物からなるレーザ構造及びそれを製造する技術として、以下(1)～(6)に示す技術を考案した。

【0016】(1) Nを含むIII-V族化合物からなるレーザ構造の電極のまわりをリッジまたはメサ上にエッチングを施し、エッチングされた部分に、電流を注入する部分よりも横方向の実効屈折率が小さな、Nを含むIII-V族化合物で積層し、埋め込み構造を持たせる。そうすることにより、電流狭窄が実現し、しきい値電流が低下する。さらに、横方向の実効屈折率差が生じるので単一横モード閉じ込めが実現する。

【0017】(2) Nを含むIII-V族化合物からなるレーザ構造の電極のまわりをリッジまたはメサ上にエッチングを施し、エッチングされた部分に、電流を注入する部分よりも横方向の実効屈折率が小さな、III-V族化合物で積層し、埋め込み構造を持たせる。そうすることにより、電流狭窄が実現し、しきい値電流が低下する。さらに、横方向の実効屈折率差が生じるので単一横モード閉じ込めが実現する。また、III-V族化合物

6

物は成長温度が400℃以下と低く、再成長時に活性層のInの脱離が起こらない。

【0018】(3) Nを含むIII-V族化合物からなるレーザ構造の、p型クラッド層をAlNにより作製し、電極部分のAlNをエッチングし、セルフアラインド構造して電流を注入する部分と注入しない部分との間の、横方向の実効屈折率差をつける。そうすることにより、電流狭窄が実現し、しきい値電流が低下する。また、単一横モード閉じ込めが実現する。

【0019】(4) Nを含むIII-V族化合物からなるレーザ構造の、p型クラッド層をAlNにより作製し、電極部分のAlNをエッチングし、その上にp型のNを含むIII-V族化合物からなる層を結晶成長し、セルフアラインド構造して電流を注入する部分と注入しない部分との間の、横方向の実効屈折率差をつける。そうすることにより、電流狭窄が実現し、しきい値電流が低下する。また、単一横モード閉じ込めが実現する。

【0020】(5) 前記(1)～(4)のレーザ構造またはSEL構造を製造する方法として、まず電流を注入しない部分に $\text{SiO}_2$ 等の酸化物をマスクとして積層し、エッチングを用いて電流を注入する部分の、活性層からみて基板と反対側のクラッド層を除去する。その後 $\text{SiO}_2$ 等のマスクを王水等のエッチングで除去し、Nを含むIII-V族化合物を結晶成長し、埋め込みヘテロ構造を持った半導体レーザを作製する。特に、基板と反対側のクラッド層にAlNを用いれば、水酸化カリウムのようなアルカリ性水溶液によってAlNを除去することができ(J. R. Mileham, et. al.; Appl. Phys. Lett. 67 (1995) 1119)、さらに電流を注入しない部分のAlNと電流を注入する部分のp型クラッド層との屈折率差を大きくとることができる。そうすればドライエッチングを行う際に数100eVに加速されたハロゲンガスを用いることによる結晶性の劣化の心配がなくなる。

【0021】(6) 前記(6)の、特にAlN層を含むレーザ構造に対して、AlN層中の決まった位置に厚さ1000Å以下のGa<sub>2</sub>N層を入れる。そうすれば水酸化カリウムのようなアルカリ性水溶液によりAlN層を所定の厚さまでエッチングすることができ、埋め込み構造を作製する際の埋め込み層の層厚を制御して単一横モード閉じ込めレーザを歩留まり良く作製することが可能になる。

【0022】

【発明の実施の形態】本発明の半導体発光素子およびその製造方法について図面を参照しながら説明する。

【0023】(実施の形態1) 図1、図6および図8を参照しながら説明する。まず最初に有機溶媒による洗浄及び前処理を施した、n型SiC(0001)基板1を炭素製の基板ホルダ66上に置き、リアクター67内に投入する。



7

【0024】次にリアクター74内を圧力70 Torrの水素で満たし、水素雰囲気中でn型SiC(0001)基板1を炭素製の基板ホルダ66ごとヒータ67で1090℃まで加熱し、表面に付着している吸着ガスや酸化物、水分子等を取り除く。その後n型SiC(0001)基板1をの温度を540℃まで下げ、トリメチルアルミニウム、アンモニア、シランのガス供給ラインのバルブ70、71、68を開け、トリメチルアルミニウム5.5 sccm、アンモニア2.5 l/min、シラン12.5 sccmを流し、n型AlNバッファ層2を300 Å積層する。

【0025】n型AlNバッファ層2を積層した後、n型SiC(0001)基板1の温度を1030℃まで上げ、トリメチルガリウム、トリメチルアルミニウム、アンモニア、シランのガス供給ラインのバルブ69、70、71、68を開け、トリメチルガリウム2.7 sccm、トリメチルアルミニウム8.7 sccm、アンモニア2.5 l/min、シラン12.5 sccmを流し、層厚1.5 μmのn型Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>N3を積層する。

【0026】n型Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>N3を積層した後、トリメチルアルミニウム及びシランのガス供給ライン70、68を閉じ、トリメチルガリウム、アンモニアのガス供給ラインのバルブ69、71を開け、トリメチルガリウム2.7 sccm、アンモニア2.5 l/minを流し、アンドープGa<sub>0.9</sub>In<sub>0.1</sub>N活性層5を100 Å積層する。

【0027】アンドープGa<sub>0.9</sub>In<sub>0.1</sub>N活性層5を100 Å積層した後、n型SiC(0001)基板1の温度を680℃まで下げ、トリメチルガリウム、トリメチルインジウムのガス供給ラインのバルブ69、73を開け、トリメチルガリウム2.7 sccm、トリメチルインジウム27 sccm、アンモニア10 l/minを流し、アンドープGa<sub>0.9</sub>In<sub>0.1</sub>N活性層5を100 Å積層する。

【0028】アンドープGa<sub>0.9</sub>In<sub>0.1</sub>N活性層5を100 Å積層した後、トリメチルインジウムのガス供給ラインのバルブ73を閉じ、n型SiC(0001)基板1の温度を1030℃まで上げ、トリメチルガリウム、アンモニアのガス供給ラインのバルブ69、71を開け、トリメチルガリウム2.7 sccm、アンモニア2.5 l/minを流し、アンドープGa<sub>0.9</sub>In<sub>0.1</sub>N活性層5を100 Å積層する。

【0029】アンドープGa<sub>0.9</sub>In<sub>0.1</sub>N活性層5を100 Å積層した後、トリメチルガリウムのガス供給ラインのバルブ69を閉じ、トリメチルアルミニウム、アンモニアのガス供給ラインのバルブ70、71を開け、トリメチルアルミニウム8.7 sccm、アンモニア2.5 l/minを流し、層厚1.0 μmのアンドープAlN層8を積層する。

【0030】アンドープAlN層8を積層した後、い

8

たん成長を終了して基板1をリアクター74の外に取り出す。

【0031】次に基板1に幅5 μmの領域を残して厚さ1000 ÅのSiO<sub>2</sub>81でマスクをし、水酸化カリウムの飽和水溶液中に入れて100℃まで加熱し、10分間かけてアンドープAlN層8を除去する。その後、SiO<sub>2</sub>81マスクをはがし、アンドープAlN層8を除去した基板1をイオン化されていない純水で水洗し、メタノール等の有機物で洗浄を行う。

【0032】有機物の洗浄を行った後、再びアンドープAlN層8を除去された基板1をリアクター74の中に入れ、成長室74内を圧力70 Torrの水素で満たし、水素雰囲気中でn型SiC(0001)基板1を炭素製の基板ホルダ66ごとヒータ67で1090℃まで加熱し、表面に付着している吸着ガスや酸化物、水分子等を取り除く。その後、基板1の温度を1030℃まで下げ、トリメチルガリウム、トリメチルアルミニウム、アンモニア、シクロペンタジエニルマグネシウムのガス供給ラインのバルブ69、70、71、72を開け、トリメチルガリウム2.7 sccm、トリメチルアルミニウム8.7 sccm、アンモニア2.5 l/min、シクロペンタジエニルマグネシウム5.0 sccmを流し、p型Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>Nクラッド層7を1.0 μm積層し、リッジ状にAlN層8を埋め込んだレーザ構造11を製造し、結晶成長を終了する。

【0033】その後、水素のガス供給ラインのバルブのみを開け、圧力70 Torrの水素雰囲気中でSiC(0001)基板1の温度を700℃に設定し、1時間アニールを行い、p型のドーパントであるマグネシウムを活性化する。アニール終了後、SiC(0001)基板1の温度を室温まで戻し、レーザ構造11が積層されたSiC(0001)基板1を有機金属気相エピタキシャル成長装置の外へ取り出す。

【0034】最後にレーザ構造11が積層されたSiC基板1に対して、基板1裏面にインジウム9、p型Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>Nクラッド層7の表面に厚さ1000 Åのニッケル及び金10を蒸着させ、基板1をキャビティ長1 mmにへき開いて半導体レーザ12を完成させる。

【0035】本発明の、上記レーザ12の特性を以下に述べる。まず電気的特性について述べる。p型及びn型Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>Nクラッド層3、7のキャリア密度は1×10<sup>18</sup>/cm<sup>3</sup>、移動度はp型及びn型Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>Nクラッド層3、7それぞれ10 cm<sup>2</sup>/V·s、250 cm<sup>2</sup>/V·sであり、十分抵抗率の小さいp型及びn型クラッド層3、7が製造されている。また、p型Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>Nクラッド層7とAu/Ni10の間でオーミック接触が実現し、さらに裏面のn型SiC基板1とインジウム9との間にもオーミック接触が実現している。

【0036】次に光学的特性について述べる。レーザの発振波長は410 nmである。埋め込み層にAlN層8

を用いているので電流を注入する部分と注入しない部分との間の、横方向の実効屈折率差が0.1と大きくなり、単一横モード発振を実現する。端面の反射率はフロント、リアとも22%である。またレーザの内部損失は $5\text{ cm}^{-1}$ 、共振器における損失は $20\text{ cm}^{-1}$ である。さらにしきい値電流密度は $800\text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ と、従来より知られているレーザのしきい値電流密度の1/5である。本発明のレーザはAlNの埋め込み層8を用いているので、電流狭窄が容易であり、従来のレーザ#に比べてp型またはn型クラッド層における電流拡がり10が小さくなり、その結果しきい値電流密度が低下するのである。また、AlNを除去するのにドライエッチングを用いていないのでレーザとしての内部損失が小さくなり、それがしきい値電流密度の低下につながるのである。

【0037】なお、SiC基板の代わりに $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、ZnO、 $\text{LiAlO}_2$ 等の酸化物基板を用いても同様な結果が得られる。また、ジャスト基板の代わりに、例えば(0001)面の面方位が[11-20]方向に傾いたOFF基板を用いても同様な結果が得られる。

【0038】また、AlNを除去するのに水酸化カリウムを用いたが、水酸化ナトリウムを用いても同様な結果が得られる。さらに、リッジ状にAlN層8を埋め込んだ構造の代わりにセルフアラインド構造を採用しても同様な結果が得られる。

【0039】セルフアラインド構造を図11に示す。p型クラッド層7上にアンドープAlN層8aが形成され、このAlN層8aは高抵抗なので電流が流れず、電流は、アンドープAlN層8aの形成されていない領域上の電極10から注入される。このような構造をここではセルフアラインド構造とよんでいる。

【0040】(実施の形態2)図2を用いて説明する。有機溶媒による洗浄及び前処理から $\text{Ga}_{0.9}\text{In}_{0.1}\text{N}$ 活性層17をはさんで基板13と反対側のアンドープGa<sub>0.8</sub>N光ガイド層18を積層するまでの工程は、実施の形態1と同じである。

【0041】アンドープGa<sub>0.8</sub>N光ガイド層18を積層した後、トリメチルガリウムのガス供給ラインのバルブを閉じ、トリメチルアルミニウム、アンモニア及びシクロペンタジエニルマグネシウムのガス供給ラインのバルブを開け、トリメチルアルミニウム8.7sccm、アンモニア2.5l/min、シクロペンタジエニルマグネシウム5.0sccmを流し、層厚0.1μmのp型AlN層20を積層する。

【0042】p型AlN層20を積層した後、トリメチルアルミニウムのバルブを閉じ、トリメチルガリウム、アンモニア及びシクロペンタジエニルマグネシウムのガス供給ラインのバルブ69、71、72を開け、トリメチルアルミニウム8.7sccm、アンモニア2.5l/min、シクロペンタジエニルマグネシウム5.0sccmを流し、層厚500Åのp型Ga<sub>0.8</sub>N層21を積層

する。

【0043】p型Ga<sub>0.8</sub>N層21を積層した後、トリメチルガリウム及びシクロペンタジエニルマグネシウムのガス供給ラインのバルブ72を閉じ、トリメチルアルミニウム、アンモニアのガス供給ラインのバルブ70、71を開け、トリメチルアルミニウム8.7sccm、アンモニア2.5l/minを流し、層厚0.9μmのアンドープAlN層22を積層する。アンドープAlN層22を積層した後、いったん成長を終了して基板13をリアクター74の外に取り出す。

【0044】次に基板13上のAlN層22の上に、幅10μmの領域を残して厚さ1000Åの $\text{SiO}_2$ でマスクをし、水酸化カリウムの飽和水溶液中に入れて100℃まで加熱し、10分間かけてマスク上のアンドープAlN層22を除去する。その後、 $\text{SiO}_2$ マスクをはがし、アンドープAlN層22を除去した基板13をイオン化されていない純水で水洗し、メタノール等の有機物で洗浄を行う。

【0045】有機物の洗浄を行った後、再びマスク上のアンドープAlN層22を除去された基板13を有機金属相エピタキシャル成長装置の中に入れ、成長室内を圧力70Torrの水素で満たし、水素雰囲気中でn型SiC(0001)基板13を炭素製の基板ホルダごとヒータで1090℃まで加熱し、表面に付着している吸着ガスや酸化物、水分子等を取り除く。

【0046】その後、基板13の温度を1030℃まで下げ、トリメチルガリウム、トリメチルアルミニウム、アンモニア、シクロペンタジエニルマグネシウムのガス供給ラインのバルブ69、70、71、72を開け、トリメチルガリウム2.7sccm、トリメチルアルミニウム8.7sccm、アンモニア2.5l/min、シクロペンタジエニルマグネシウム5.0sccmを流し、AlN層22の開口した部分に、p型 $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ クラッド層19を1.0μm積層し、AlGa<sub>0.8</sub>N層19がリッジ状になったレーザ構造25を製造し、結晶成長を終了する。

【0047】その後、水素のガス供給ラインのバルブのみを開け、圧力70Torrの水素雰囲気中でSiC(0001)基板13の温度を700℃に設定し、1時間アニールを行い、p型のドーパントであるマグネシウムを活性化する。アニール終了後、SiC(0001)基板13の温度を室温まで戻し、レーザ構造25が積層されたSiC(0001)基板13を有機金属相エピタキシャル成長装置の外へ取り出す。

【0048】最後にレーザ構造25が積層されたSiC基板13に対して、基板13裏面にインジウム23、p型 $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ クラッド層19の表面に厚さ1000Åのニッケル及び金24を蒸着させ、基板13をキャビティ長1mmにへき開いてレーザ26を完成させる。

【0049】本発明の、上記レーザ26の特性を以下に

述べる。まず電気的特性について述べる。p型及びn型  $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$  クラッド層19、15のキャリア密度は  $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 、移動度はp型及びn型  $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$  光ガイド層19、15それぞれ  $10 \text{ cm}^2 / \text{V} \cdot \text{s}$ 、 $250 \text{ cm}^2 / \text{V} \cdot \text{s}$  であり、十分抵抗率の小さいp型及びn型クラッド層19、15が製造されている。また、p型  $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$  クラッド層19とNi/Au24の間でオーム性接触が実現し、さらに裏面のn型SiC基板13とインジウム23との間にもオーム性接触が実現している。

【0050】次に光学的特性について述べる。レーザの発振波長は410nmである。埋め込み層にAlN層22を用いているので電流を注入する部分と注入しない部分との間の、横方向の実効屈折率差が0.1と大きくなり、単一横モード発振を実現する。端面の反射率はフロント、リアとも22%である。またレーザ26の内部損失は  $5 \text{ cm}^{-1}$ 、共振器における損失は  $20 \text{ cm}^{-1}$  である。さらにしきい値電流密度は  $800 \text{ cm}^2 / \text{V} \cdot \text{s}$  と、従来より知られているレーザのしきい値電流密度の1/5である。

【0051】本発明のレーザ26はAlNの埋め込み層22を用いているので、電流狭窄が容易であり、従来のレーザに比べてp型またはn型クラッド層における電流拡がり小さくなり、その結果しきい値電流密度が低下するのである。また、AlNを除去するのにドライエッチングを用いていないのでレーザとしての内部損失が小さくなり、それがしきい値電流密度の低下につながるのである。

【0052】また、アンドープAlN層22を、厚さ500Åのp型Ga<sub>0.8</sub>N層20の手前まで除去する。p型Ga<sub>0.8</sub>N層21はエッチング停止層として働く。p型AlN層20が1000Åが除去されずに残っている。すなわちp型AlN層22の1000Åを正確に残しているので、単一横モード発振を実現するレーザのエッチングによる歩留まり率が改善する。

【0053】これにより、AlGa<sub>0.8</sub>N層19とAlN層20との屈折率差が大きく、AlGa<sub>0.8</sub>N層19のストライプ幅を小さくしてもレーザ光がマルチモードになるとしても、AlGa<sub>0.8</sub>N層19の下に、AlN層20が形成することにより、ストライプ直下とストライプの外側との屈折率差を小さくするように調整でき、単一横モードを実現するためにAlN層20を最適化するだけでよく、単一横モードを実現する許容度が大きくなる。

【0054】なお、SiC基板の代わりにAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、ZnO、LiAlO<sub>2</sub>等の酸化物基板を用いても同様な結果が得られる。また、ジャスト基板の代わりにOFF基板を用いても同様な結果が得られる。

【0055】また、p型AlN層20の代わりにp型Al<sub>1-x</sub>Ga<sub>x</sub>N (0 ≤ x < 1) 層を用いても同様な結果が得られる。また、AlNを除去するのに水酸化カリウム

を用いたが、水酸化ナトリウムを用いても同様な結果が得られる。さらに、AlGa<sub>0.8</sub>N層19の両側にAlN層を形成した構造の代わりにセルフアラインド構造を採用しても同様な結果が得られる。セルフアラインド構造は、図11の通りである。

【0056】(実施の形態3) 図3を用いて説明する。有機溶媒による洗浄及び前処理からGa<sub>0.9</sub>In<sub>0.1</sub>N活性層31をはさんで基板27と反対側のアンドープGa<sub>0.8</sub>N光ガイド層32を積層するまでの工程は、実施の形態1と同じである。

【0057】アンドープGa<sub>0.8</sub>N光ガイド層32を積層した後、トリメチルガリウム8.7sccm、アンモニア2.5l/minのガス供給ラインのバルブ70、71を開け、トリメチルアルミニウム8.7sccm、アンモニア2.5l/minを流し、図示していないが、層厚1.0μmのアンドープAlN層を積層する。

【0058】アンドープAlN層を積層した後、いったん成長を終了して基板27を有機金属気相エピタキシャル成長装置の外に取り出す。

【0059】次に基板27に、幅5μmの開口を有し、厚さ1000ÅのSiO<sub>2</sub>でマスクをし、水酸化カリウムの飽和水溶液に入れて100℃まで加熱し、10分間かけてアンドープAlN層を除去して、AlN層に開口部を形成する。その後、マスクをしていない部分のアンドープAlN層を除去した基板27をイオン化されていない純水で水洗し、メタノール等の有機物で洗浄を行う。

【0060】有機物の洗浄を行った後、再びアンドープAlN層を除去された基板27をリアクター74の中に入れ、リアクター74内を圧力70 Torrの水素で満たし、水素雰囲気中でn型SiC (0001) 基板27を炭素製の基板ホルダ66ごとヒータ67で1090℃まで加熱し、表面に付着している吸着ガスや酸化物、水分子等を取り除く。その後、基板27の温度を1030℃まで下げ、トリメチルガリウム、トリメチルアルミニウム、アンモニア、シクロペンタジエニルマグネシウムのガス供給ラインのバルブ69、70、71、72を開け、トリメチルガリウム2.7sccm、トリメチルアルミニウム8.7sccm、アンモニア2.5l/min、シクロペンタジエニルマグネシウム5.0sccmを流し、AlN層の開口部に、p型Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>Nクラッド層34を1.0μm積層して埋め込む。

【0061】AlN層中にAlGa<sub>0.8</sub>Nクラッド層34を埋め込んだレーザ構造38の基板27を、リアクター74の外に取り出す。基板27に対し、幅5μmの、p型Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>Nクラッド層34が積層されている領域に、厚さ1000ÅのSiO<sub>2</sub>でマスクをし、水酸化カリウムの飽和水溶液に入れて100℃まで加熱し、10分間かけてアンドープAlN層を除去する。その後、

SiO<sub>2</sub>マスクをはがし、アンドープAlN層を除去した基板34をイオン化されていない純水で水洗し、メタノール等の有機物で洗浄を行う。これにより、AlGa

Nクラッド層34がリッジ状になった構造が得られる。ここで用いたAlN層は、レーザ構造の一部として用いるのではなく、レーザ構造を形成するためのダミー膜として用いている。

【0062】有機物の洗浄を行った後、再び、ダミー膜である、アンドープAlN層を除去した基板27を、今

度は成長室80の中に入れ、成長室80内の真空度を1

0<sup>-10</sup>Torrにし、モリブデンブロック76に貼り付

けられたn型SiC(0001)基板27を600℃まで加熱し、表面に付着している吸着ガスや酸化物、水分

子等を取り除く。

【0063】その後、基板27の温度を300℃まで下

げ、800℃にまで加熱されたMgSのセル78を開

け、5×10<sup>-7</sup>Torrのビームフラックスをを基板2

7に照射し、アンドープMgS35で埋め込んだレーザ

構造38を製造し、再び結晶成長を終了する。その後基

板27を成長室80の外へ取り出す。

【0064】その後、リアクター74の中に入れ、水素

のガス供給ラインのバルブのみを開け、圧力70Torr

の水素雰囲気中でSiC(0001)基板27の温度

を700℃に設定し、1時間アニールを行い、p型のド

ーバントであるマグネシウムを活性化する。アニール終

了後、SiC(0001)基板27の温度を室温まで戻

し、レーザ構造#が積層されたSiC(0001)基板

27を有機金属気相エピタキシャル成長装置の外へ取り

出す。

【0065】最後にレーザ構造38が積層されたSiC

基板27に対して、基板#裏面にインジウム36、p型

Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>Nクラッド層34の表面に厚さ1000

ÅのNi/Au37を蒸着させ、基板27をキャビティ長1

mmにへき開してレーザ39を完成させる。

【0066】本実施例では、埋め込みにアンドープMg

S層を用いている。この成長は、温度を300℃で成長

できるので、埋め込みのために成長温度を高温にする必

要がなく、レーザ結晶に熱履歴がかからず、結晶の品質

の低下を防止できる。

【0067】本発明の、上記レーザ39の特性を以下に

述べる。まず電気的特性について述べる。p型及びn型

Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>Nクラッド層34、29のキャリア密度

は1×10<sup>18</sup>/cm<sup>3</sup>、移動度はp型及びn型Al<sub>0.2</sub>G

a<sub>0.8</sub>Nクラッド層34、29それぞれ10cm<sup>2</sup>/V·

s、250cm<sup>2</sup>/V·sであり、十分抵抗率の小さい

p型及びn型クラッド層34、29が製造されている。

また、p型Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>Nクラッド層34とNi/Au3

7の間でオーム性接触が実現し、さらに裏面のn型Si

C基板27とインジウム36との間にもオーム性接触が

実現している。

【0068】次に光学的特性について述べる。レーザの発振波長は410nmである。埋め込み層35にクラッド層34よりも屈折率の小さなMgS層を用いているので電流を注入する部分と注入しない部分との間の、横方向の実効屈折率差が0.05と大きくなり、単一横モード発振を実現する。端面の反射率はフロント、リアとも22%である。またレーザの内部損失は5cm<sup>-1</sup>、共振器における損失は20cm<sup>-1</sup>である。さらにしきい値電流密度は800cm<sup>2</sup>/V·sと、従来より知られているレーザのしきい値電流密度の1/5である。

【0069】本発明のレーザはAlN埋め込み層を用いているので、電流狭窄が容易であり、従来のレーザに比べてp型またはn型クラッド層における電流拡がり小さくなり、その結果しきい値電流密度が低下するのである。また、AlNを除去するのにドライエッチングを用いていないのでレーザとしての内部損失が小さくなり、それがしきい値電流密度の低下につながるのである。また、結晶成長温度が300℃と低いので、再成長時に活性層のInの脱離が起こらず、レーザ特性が設計値通りに製造しやすく、レーザ製造上において歩留まり率が向上する。

【0070】さらに、リッジ状にMgS層を埋め込んだ構造の代わりにセルフアラインド構造を採用しても同様な結果が得られる。また、埋め込み材料にMgSを用いたが、MgSeを用いても同様な結果が得られる。

【0071】(実施の形態4)図4、図12を用いて説明する。有機溶媒による洗浄及び前処理からGa<sub>0.9</sub>In<sub>0.1</sub>N活性層44をはさんで基板と反対側のアンドープGa<sub>0.9</sub>In<sub>0.1</sub>N光ガイド層45を積層するまでの工程は、実施の形態1と同じである。

【0072】アンドープGa<sub>0.9</sub>In<sub>0.1</sub>N光ガイド層45を積層した後、トリメチルガリウムのガス供給ラインのバルブ69を閉じ、トリメチルアルミニウム、アンモニアのガス供給ラインのバルブ70、71を開け、トリメチルアルミニウム8.7sccm、アンモニア2.5l/minを流し、層厚1.0μmのアンドープAlN層を積層する。アンドープAlN層を積層した後、いったん成長を終了して基板40をリアクター74の外に取り出す。

【0073】次に基板40に幅5μmの開口領域を残して、厚さ1000ÅのSiO<sub>2</sub>でマスクをし、水酸化カリウムの飽和水溶液中に入れて100℃まで加熱し、10分間かけてマスクをしていないアンドープAlN層を除去する。その後、アンドープAlN層を除去した基板40をイオン化されていない純水で水洗し、メタノール等の有機物で洗浄を行う。

【0074】有機物の洗浄を行った後、再びアンドープAlN層を除去された基板40を有機金属気相エピタキシャル成長装置の中に入れ、成長室内を圧力70Torrの水素で満たし、水素雰囲気中でn型SiC(0001)基板40を炭素製の基板ホルダ67ごとヒータで1

10

20

30

40

50

090℃まで加熱し、表面に付着している吸着ガスや酸化物、水分子等を取り除く。その後、基板40の温度を1030℃まで下げ、トリメチルガリウム、トリメチルアルミニウム、アンモニア、シクロペンタジエニルマグネシウムのガス供給ラインのバルブ69、70、71、72を開け、トリメチルガリウム2.7sccm、トリメチルアルミニウム8.7sccm、アンモニア2.5l/min、シクロペンタジエニルマグネシウム5.0sccmを流し、p型Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>Nクラッド層46を1.0μm積層し、AlN層中にAlGa<sub>0.8</sub>N層46が埋め込まれたレーザ構造を製造し、再び結晶成長を終了する。

【0075】次に、幅5μmのp型Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>Nクラッド層46が積層されている領域に、厚さ1000ÅのSiO<sub>2</sub>でマスクをし、水酸化カリウムの飽和水溶液中に投入して100℃まで加熱し、10分間かけてアンドープAlN層を除去する。その後、SiO<sub>2</sub>マスクをはがし、基板40をイオン化されていない純水で水洗し、メタノール等の有機物で洗浄を行う。

【0076】有機物の洗浄を行った後、再びアンドープAlN層を除去された基板40をリアクター74の中に入れ、成長室#内を圧力70Torrの水素で満たし、水素雰囲気中でn型SiC(0001)基板40を炭素製の基板ホルダ67ごとヒータで1090℃まで加熱し、表面に付着している吸着ガスや酸化物、水分子等を取り除く。その後、基板の温度を1030℃まで下げ、トリメチルガリウム、トリメチルアルミニウム、アンモニア、シクロペンタジエニルマグネシウムのガス供給ラインのバルブ69、70、71、72を開け、トリメチルガリウム2.7sccm、トリメチルアルミニウム8.7sccm、アンモニア2.5l/min、シクロペンタジエニルマグネシウム5.0sccmを流し、p型Al<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>Nクラッド層47を1.0μm積層し、AlGa<sub>0.8</sub>N層46をアンドープAl<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>N層47で埋め込んだレーザ構造を製造し、再び結晶成長を終了する。

【0077】その後、水素のガス供給ラインのバルブのみを開け、圧力70Torrの水素雰囲気中でSiC(0001)基板40の温度を700℃に設定し、1時間アニールを行い、p型のドーパントであるマグネシウムを活性化する。アニール終了後、SiC(0001)基板40の温度を室温まで戻し、レーザ構造48が積層されたSiC(0001)基板40をリアクター74の外へ取り出す。

【0078】最後にレーザ構造50が積層されたSiC基板40に対して、基板50裏面にインジウム48、p型Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>Nクラッド層46の表面に厚さ1000ÅのNi/Au49を蒸着させ、基板40をキャビティ長1mmにへき開してレーザを完成させる。

【0079】本発明の、上記レーザの特性を以下に述べ

る。まず電気的特性について述べる。p型及びn型Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>Nクラッド層46、42のキャリア密度は $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 、移動度はp型及びn型Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>Nクラッド層46、42それぞれ $10 \text{ cm}^2 / \text{V} \cdot \text{s}$ 、 $250 \text{ cm}^2 / \text{V} \cdot \text{s}$ であり、十分抵抗率の小さいp型及びn型クラッド層46、42が製造されている。また、p型Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>Nクラッド層46とNi/Au49の間でオーミック接触が実現し、さらに裏面のn型SiC基板40とインジウム48の間にもオーミック接触が実現している。

【0080】次に光学的特性について述べる。レーザの発振波長は410nmである。埋め込み層47にクラッド層46よりも屈折率の小さなAl<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>N層を用いているので電流を注入する部分と注入しない部分との間の、横方向の実効屈折率差が0.05と大きくなり、単一横モード発振を実現する。端面の反射率はフロント、リアとも22%である。またレーザ#の内部損失は $5 \text{ cm}^{-1}$ 、共振器における損失は $20 \text{ cm}^{-1}$ である。さらにしきい値電流密度は $800 \text{ cm}^2 / \text{V} \cdot \text{s}$ と、従来より知られているレーザのしきい値電流密度の1/5である。

【0081】本発明のレーザは、AlGa<sub>0.8</sub>Nの埋め込み層を用いているので、電流狭窄が容易であり、従来のレーザに比べてp型またはn型クラッド層における電流拡がり小さくなり、その結果しきい値電流密度が低下するのである。また、ダミー層であるAlNを除去するのにドライエッチングを用いていないのでレーザとしての内部損失が小さくなり、それがしきい値電流密度の低下につながるのである。

【0082】埋め込み層であるAlGa<sub>0.8</sub>N層47は、AlGa<sub>0.8</sub>N層46よりもAlの組成が大きく屈折率が小さいので、レーザ光もAlGa<sub>0.8</sub>N層46の方へ閉じ込められることになり、屈折率導波を実現できる。

【0083】(実施の形態5) まず最初に有機溶媒による洗浄及び前処理を施され、n型SiC(0001)基板51を炭素製の基板ホルダ66上に置き、リアクター74内に投入する。

【0084】次に成長室内を圧力70Torrの水素で満たし、水素雰囲気中でn型SiC(0001)基板51を炭素製の基板ホルダ66ごとヒータ67で1090℃まで加熱し、表面に付着している吸着ガスや酸化物、水分子等を取り除く。その後SiC(0001)基板51の温度を540℃まで下げ、トリメチルアルミニウム、アンモニア、シランのガス供給ラインのバルブ70、71、72を開け、トリメチルアルミニウム5.5sccm、アンモニア2.5l/min、シラン12.5sccmを流し、n型AlNバッファ層52を300Å積層する。

【0085】次に層厚414Åのn型AlN53、層厚355Åのn型Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>N54を交互に20回繰

10

20

30

40

50

17

り返して作製したn型の導電性を持つミラー56の作製について述べる。n型AlN53の層厚を414Å、n型Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>N54の層厚を355Åにとるのは、それぞれの層厚が、層内での発振波長の1/4であり、活性層で発生するレーザ光に対する反射率が最大になるからである。n型GaNバッファ層52を積層した後、SiC(0001)基板51の温度を1030℃まで上げ、トリメチルアルミニウム、アンモニア、シランのガス供給ラインのバルブ70、71、72を開け、トリメチルアルミニウム8.7sccm、アンモニア2.51/min、シラン12.5sccmを流し、n型AlN層53を414Å積層する。次にトリメチルガリウム、トリメチルアルミニウム、アンモニア、シランのガス供給ラインのバルブ69、70、71、72を開け、トリメチルガリウム2.7sccm、トリメチルアルミニウム8.7sccm、アンモニア2.51/min、シラン12.5sccmを流し、n型Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>N層54を355Å積層する。このn型AlN層53とn型Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>N層54とを交互に20回繰り返して成長し、n型AlN/Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>Nミラー56を作製する。

【0086】続いて、GaN/Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>Nダブルヘテロ構造57、58、59の作製について述べる。n型AlN/Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>Nミラー56を作製した後、トリメチルガリウム、トリメチルアルミニウム、アンモニア、シランのガス供給ラインのバルブ69、70、71、72を開け、トリメチルガリウム2.7sccm、トリメチルアルミニウム8.7sccm、アンモニア2.51/min、シラン12.5sccmを流し、n型Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>N光ガイド層57を2000Å積層する。続いてトリメチルアルミニウム及びシランのガス供給ラインのバルブを閉じ、トリメチルガリウムの流量を5.5sccmとし、アンドープGaN活性層58を1000Å積層する。その後、トリメチルガリウム、トリメチルアルミニウム、アンモニア、シクロペンタジフェニルマグネシウムのガス供給ラインのバルブ69、70、71、72を開け、トリメチルガリウム2.7sccm、トリメチルアルミニウム8.7sccm、アンモニア2.51/min、シクロペンタジフェニルマグネシウム5.0sccmを流し、p型Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>N光ガイド層59を2000Å積層する。

【0087】その後、水素のガス供給ラインのバルブのみを開け、圧力70Torrの水素雰囲気中でSiC(0001)基板51の温度を700℃に設定し、1時間アニールを行い、p型のドーパントであるマグネシウムを活性化。アニール終了後、SiC(0001)基板51の温度を室温まで戻し、SiC(0001)基板51をリアクター74の外へ取り出す。

【0088】有機金属気相エピタキシャル成長装置より取り出した基板を、今度は今度は成長室80内の真空度

18

を10<sup>-10</sup>Torrにし、モリブデンブロック76に貼り付けられたn型SiC(0001)基板51を600℃まで加熱し、表面に付着している吸着ガスや酸化物、水分子等を取り除く。その後、基板の温度を300℃まで下げ、800℃にまで加熱されたMgS及びMgSeのセル78、79を開け、それぞれ交互に5×10<sup>-7</sup>Torrのビームフラックスを基板51に照射し、層厚400Åのp型MgS60、層厚350Åのp型MgSe61を交互に20回繰り返して作製し、p型ミラー-MgS/MgSe62を製造し、再び結晶成長を終了する。その後基板80の外へ取り出す。

【0089】SiC(0001)基板51を外へ取り出した後、直径10μmのマスクをかけ、厚さ1000ÅのSiO<sub>2</sub>マスクをかぶせる。その後基板51を重クロム酸カリウムを用いてSiO<sub>2</sub>マスクをかぶせていない部分のp型MgS/MgSeミラー62をすべて取り除く。

【0090】最後にレーザ構造が積層されたSiC(0001)基板51に対して、基板51裏面にインジウム63、p型Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>N光ガイド層59の表面に厚さ1000ÅのAu/Ni64を蒸着させ、基板51をへき開けて面発光レーザを完成させる。

【0091】本発明の、上記面発光レーザの特性を以下に述べる。まず電気的特性について述べる。p型及びn型Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>N光ガイド層59、57のキャリア密度は1×10<sup>18</sup>/cm<sup>3</sup>、n型AlN/Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>Nミラー56のキャリア密度は1×10<sup>18</sup>/cm<sup>3</sup>であり、移動度はp型及びn型Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>N光ガイド層59、57、n型AlN/Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>Nミラー56がそれぞれ10cm<sup>2</sup>/V·s、250cm<sup>2</sup>/V·s、250cm<sup>2</sup>/V·sであり、十分抵抗率の小さいp型及びn型光ガイド層59、57、n型及びp型ミラー56が作製されている。また、p型Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>N光ガイド層59とNi/Au64の間でオーム性接触が実現し、さらに裏面のn型SiC基板51とインジウム63との間にもオーム性接触が実現している。

【0092】次に光学的特性について述べる。面発光レーザの発振波長は364nmである。n型AlN/Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>Nミラー56及びp型MgS/MgSeミラー62の反射率はそれぞれ99%である。また面発光レーザの活性層における損失は10cm<sup>-1</sup>、共振器における損失は10cm<sup>-1</sup>である。さらにしきい値キャリア密度は10<sup>19</sup>/cm<sup>3</sup>であり、従来より知られているサファイア(0001)基板上に積層された面発光レーザと比べて遜色がない。

【0093】また、本発明の面発光レーザは導電性の基板を用いているので、基板裏面を通して電流を流すことができ、従来の面発光レーザに比べてミラー領域における電流拡がり小さくなり、その結果しきい値電流密度が低下する。また、p型ミラーに成長温度の低いMgS

／MgSeを用いており、さらにp型ミラーの除去に際してドライエッチングは行っていないので、レーザ素子に与える劣化などの影響は小さく、従来よりも信頼性の高い面発光レーザが得られる。

【0094】なお、また、ジャスト基板の代わりにOF F基板を用いても同様な結果が得られる。

【0095】

【発明の効果】本発明の、レーザまたはSEL構造及びその製造方法により、従来のレーザ構造よりもしきい値電流が低下し、単一横モード閉じ込めが実現し、素子としての信頼性の高い、歩留まり率の良いものが得られることが明らかとなった。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態における発光素子に関する構造断面図

【図2】本発明の第2の実施の形態における発光素子に関する構造断面図

【図3】本発明の第3の実施の形態における発光素子に関する構造断面図

【図4】本発明の第4の実施の形態における発光素子に関する構造断面図

【図5】本発明の第5の実施の形態における発光素子に

関する構造断面図

【図6】本発明の半導体発光素子を製造する有機金属気相エビタキシャル成長装置の構造断面図

【図7】本発明の半導体発光素子を製造する分子線エビタキシャル成長装置の構造断面図

【図8】本発明の半導体発光素子に関するプロセスを表す図

【図9】従来の半導体発光素子に関する構造断面図

【図10】従来の面発光レーザに関する構造断面図

【図11】本発明の実施の形態における発光素子の構造断面図

【図12】本発明の実施の形態における発光素子の製造工程断面図

【符号の説明】

8 アンドープAlN層

20 p型AlN層

21 アンドープAlN層

22 p型AlN層

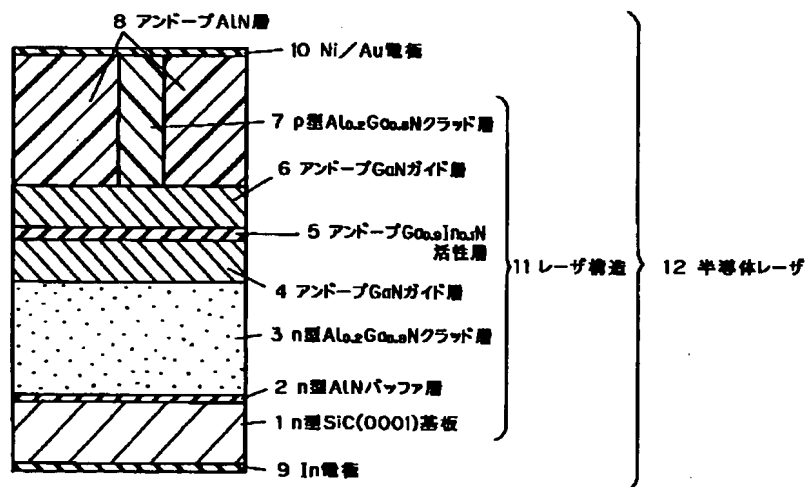
35 アンドープMgS層

47 アンドープAl<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>N層

62 MgSe/MgSミラー

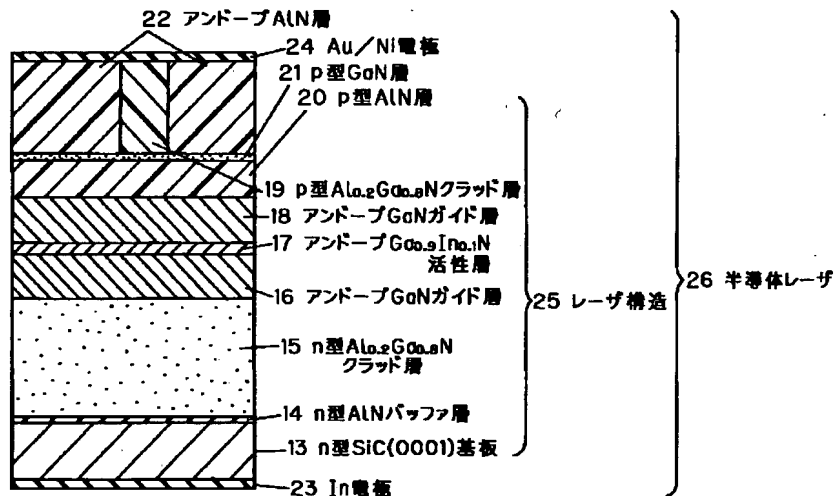
【図1】

本発明の、第1の実施の形態における半導体発光素子の構造断面図



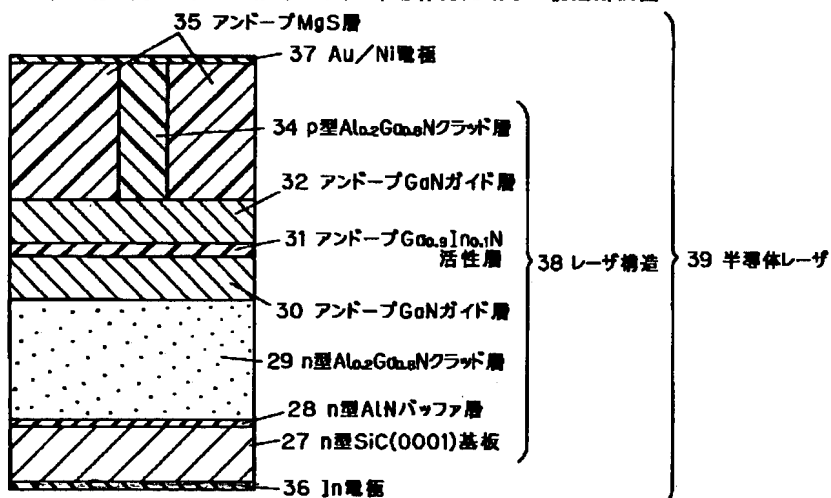
【図2】

本発明の、第2の実施の形態における半導体発光素子の構造断面図



【図3】

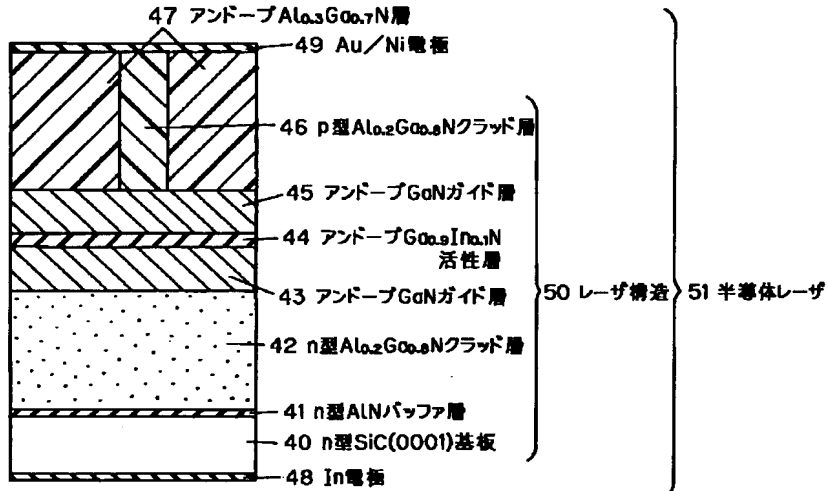
本発明の、第3の実施の形態における半導体発光素子の構造断面図





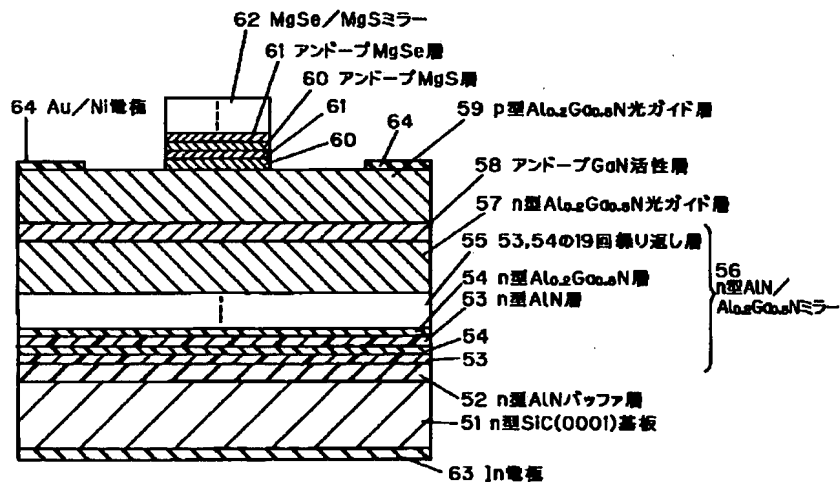
【図4】

本発明の、第4の実施の形態における半導体発光素子の構造断面図



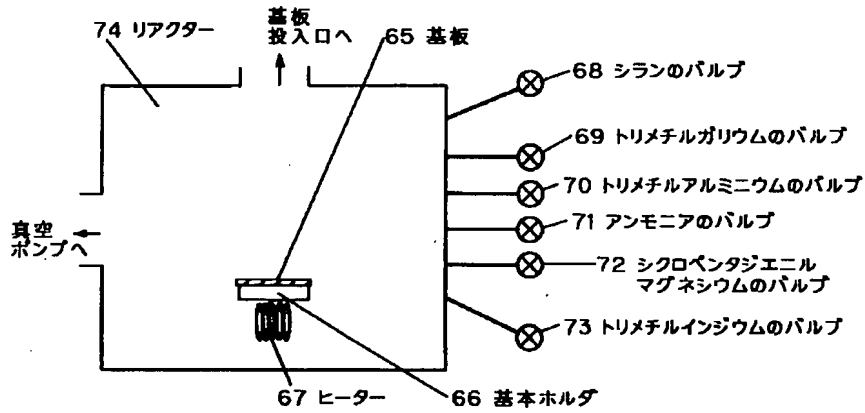
【図5】

本発明の、第5の実施の形態における半導体発光素子の構造断面図



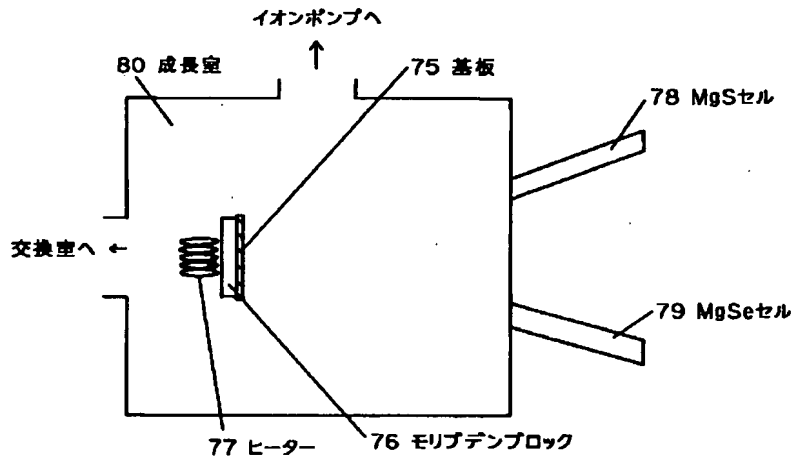
【図6】

本発明の半導体発光素子を製造する有機金属気相エピタキシャル成長装置



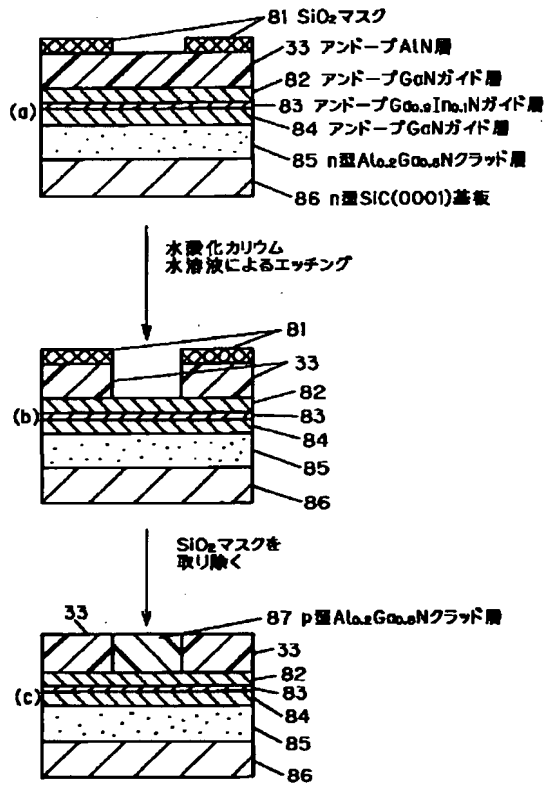
【図7】

本発明の半導体発光素子を製造する分子線エピタキシャル成長装置



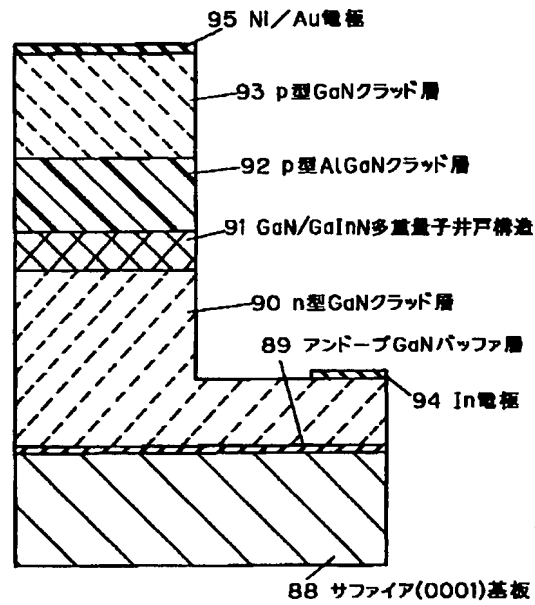
【図8】

本発明の半導体発光素子に関するプロセスを表す図



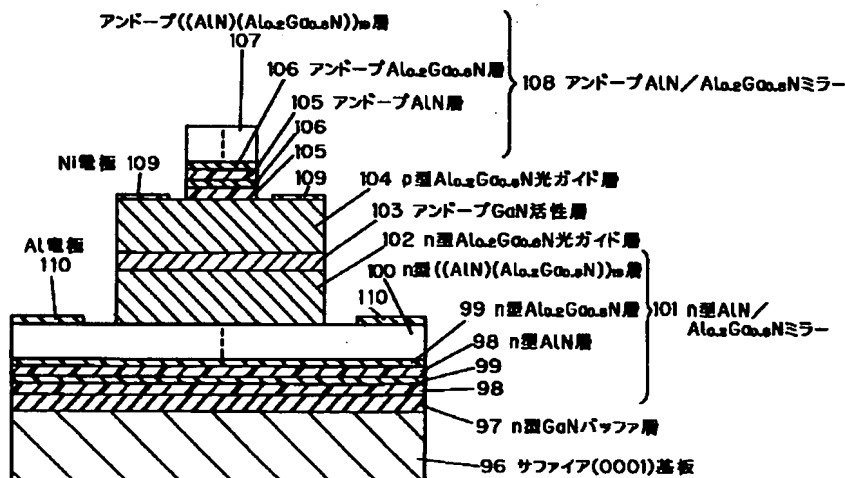
【図9】

従来の半導体発光素子の構造断面図

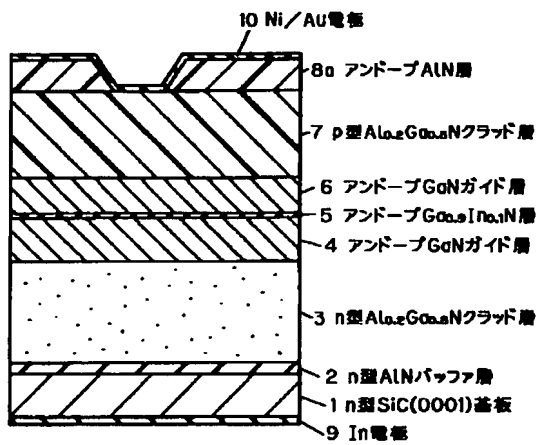


【図10】

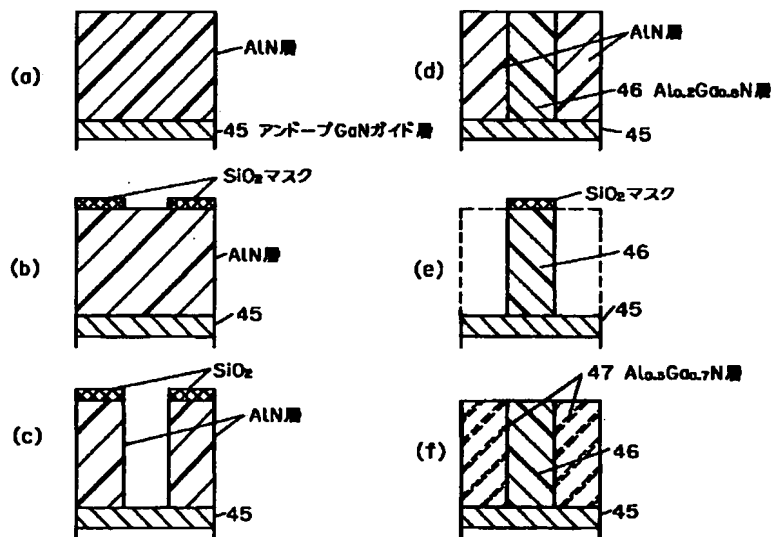
従来の面発光レーザの構造断面図



【図11】



【図12】



フロントページの続き

(72)発明者 伴 雄三郎

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

**Disclaimer:**

This English translation is produced by machine translation and may contain errors. The JPO, the INPIT, and those who drafted this document in the original language are not responsible for the result of the translation.

**Notes:**

1. Untranslatable words are replaced with asterisks (\*\*\*\*).
2. Texts in the figures are not translated and shown as it is.

Translated: 12:58:32 JST 11/17/2007

Dictionary: Last updated 11/16/2007 / Priority: 1. Information communication technology (ICT) / 2. Electronic engineering / 3. JIS (Japan Industrial Standards) term

---

**CLAIMS**

---

**[Claim(s)]**

[Claim 1] Silicon on sapphire and the double hetero structure which consists of III-V group compounds containing N produced on said silicon on sapphire, The electrode produced on said double hetero structure, and the ridge or mesa structure produced by etching the surroundings of an electrode, The semiconductor light emitting device characterized by having the embedded structure which laminated the side of said ridge or mesa structure with the III-V group compound containing N smaller than the effective index of said double hetero structure.

[Claim 2] The semiconductor light emitting device according to claim 1 characterized by using SiC, Si, ZnO, or an oxide substrate instead of silicon on sapphire.

[Claim 3] Silicon on sapphire and the double hetero structure which consists of III-V group compounds containing N produced on said silicon on sapphire, The electrode produced on said double hetero structure, and the ridge or mesa structure produced by etching the surroundings of an electrode, The semiconductor light emitting device characterized by having the embedded structure which laminated the side of said ridge or mesa structure with the II-VI group compound smaller than the effective index of said double hetero structure.

[Claim 4] The semiconductor light emitting device according to claim 3 characterized by using SiC, Si, ZnO, or an oxide substrate instead of silicon on sapphire.

[Claim 5] Silicon on sapphire and the double hetero structure which consists of III-V group compounds containing N produced on said silicon on sapphire, The semiconductor light emitting device characterized by having the electrode produced on said double hetero structure, the self aligned structure produced by etching an electrode section, and the embedded structure which the side of said self aligned structure becomes from AlN.

[Claim 6] The semiconductor light emitting device according to claim 5 characterized by using SiC, Si, ZnO, or an oxide substrate instead of silicon on sapphire.

[Claim 7] Silicon on sapphire and the double hetero structure which consists of III-V group

compounds containing N produced on said silicon on sapphire, The electrode produced on said double hetero structure, and the self aligned structure which etched the electrode section and formed on it the layer which consists of an III-V group compound containing N, The semiconductor light emitting device characterized by the side of said self aligned structure having the embedded structure which consists of AlN.

[Claim 8] The semiconductor light emitting device according to claim 7 characterized by using SiC, Si, ZnO, or an oxide substrate instead of silicon on sapphire.

[Claim 9] Silicon on sapphire and the double hetero structure which consists of III-V group compounds containing N produced on said silicon on sapphire, The electrode produced on said double hetero structure, and the self aligned structure which etched the electrode section and formed on it the current injection layer which consists of an III-V group compound containing N, The semiconductor light emitting device to which the side of said self aligned structure is characterized by having the embedded structure formed an AlN layer and on it from the layer which consists of an III-V group compound containing N which has the same composition as said current injection layer.

[Claim 10] The semiconductor light emitting device according to claim 9 characterized by using SiC, Si, ZnO, or an oxide substrate instead of silicon on sapphire.

[Claim 11] Consist of III-V group compounds containing N produced on silicon on sapphire. AlN of the portion which laminates SiO<sub>2</sub> into the portion which sees from an active layer and does not pour in the current of said double hetero structure about the double hetero structure where the cladding layer of a substrate and the opposite side is AlN and by which said SiO<sub>2</sub> are not laminated using etching is removed. The manufacture method of the semiconductor light emitting device which is made to carry out crystal growth of the III-V group compound containing N to the portion from which the AlN was removed, and is characterized by producing the semiconductor light emitting device which has embedding hetero structure.

[Claim 12] The manufacture method of the semiconductor light emitting device according to claim 11 characterized by using SiC, Si, ZnO, or an oxide substrate instead of silicon on sapphire.

[Claim 13] The manufacture method of the semiconductor light emitting device according to claim 11 characterized by using oxides, such as Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, for the portion which does not pour in current instead of SiO<sub>2</sub>.

[Claim 14] The manufacture method of the semiconductor light emitting device characterized by performing wet etching with alkaline aqueous solutions, such as a potassium hydroxide, removing said AlN.

[Claim 15] The laser structure which consists of III-V group compounds containing aluminum and N, Oxides, such as SiO<sub>2</sub> or Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, are laminated into the current injection portion by the side of an III-V group compound. The manufacture method of the semiconductor light emitting

device characterized by forming a ridge or mesa structure by carrying out wet etching of the portion by which said oxide is not laminated with alkaline aqueous solutions, such as a potassium hydroxide.

[Claim 16] The semiconductor light emitting device characterized by having the embedded structure which contains the layer which sandwiched the layer with a thickness of 1000Å or less which consists of GaN silicon on sapphire, the double hetero structure which consists of III-V group compounds containing N produced on silicon on sapphire, and in an AlN layer.

[Claim 17] The semiconductor light emitting device according to claim 16 characterized by having surface-emitting type laser structure instead of the double hetero structure which consists of III-V group compounds containing said N.

[Claim 18] Consist of III-V group compounds containing N produced on silicon on sapphire and said silicon on sapphire. [ see from an active layer and / structure / where the cladding layer of a substrate and the opposite side is AlN / double hetero ] A layer with a thickness of 1000Å or less which consists of GaN is inserted into said AlN layer. AlN of the portion which laminates SiO<sub>2</sub> into the portion which does not pour in the current of double hetero structure and by which said SiO<sub>2</sub> are not laminated using etching is removed. The manufacture method of the semiconductor light emitting device which is made to carry out crystal growth of the III-V group compound containing N to the portion from which the AlN was removed, and is characterized by producing the semiconductor light emitting device which has embedding hetero structure.

[Claim 19] The manufacture method of the semiconductor light emitting device according to claim 18 characterized by using oxides, such as Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, for the portion which does not pour in current instead of SiO<sub>2</sub>.

[Claim 20] The manufacture method of the semiconductor light emitting device according to claim 18 characterized by performing wet etching with alkaline aqueous solutions, such as a potassium hydroxide, removing said AlN.

[Claim 21] The manufacture method of the semiconductor light emitting device according to claim 18 characterized by carrying out to surface-emitting type laser structure instead of the double hetero structure which consists of III-V group compounds containing said N.

[Claim 22] Consist of III-V group compounds containing N produced on silicon on sapphire and said silicon on sapphire. [ see from an active layer and / structure / where the cladding layer of a substrate and the opposite side is AlN / double hetero ] SiO<sub>2</sub> are laminated into the portion which pours in the current of said double hetero structure. AlN of the portion by which said SiO<sub>2</sub> are not laminated using etching is removed. Crystal growth of the III-V group compound containing N is carried out to the portion from which the AlN was removed. After removing SiO<sub>2</sub>, SiO<sub>2</sub> are shortly laminated into the portion which pours in the current of said double hetero structure. AlN of the portion by which said SiO<sub>2</sub> are not laminated using etching is removed. The production method of the semiconductor light emitting device which is made to

carry out crystal growth of the III-V group compound containing N with a larger refractive index than the III-V group compound containing said N to the portion from which the AlN was removed, and is characterized by producing the semiconductor light emitting device which has embedding hetero structure.

[Claim 23] The manufacture method of the semiconductor light emitting device according to claim 22 characterized by performing wet etching with alkaline aqueous solutions, such as a potassium hydroxide, removing said AlN.

[Claim 24] [ see from an active layer and / structure / where the cladding layer of a substrate and the opposite side is AlN / double hetero ] A layer with a thickness of 1000Å or less which consists of GaN is inserted into said AlN layer. The manufacture method of the semiconductor light emitting device according to claim 22 characterized by removing AlN of the portion which laminates SiO<sub>2</sub> into the portion which does not pour in the current of double hetero structure, and by which said SiO<sub>2</sub> are not laminated using etching.

[Claim 25] The manufacture method of the semiconductor light emitting device according to claim 22 characterized by carrying out to surface-emitting type laser structure instead of the double hetero structure which consists of III-V group compounds containing said N.

[Claim 26] The production method of the semiconductor light emitting device according to claim 22 characterized by making reverse sequence of carrying out crystal growth of the III-V group compound containing N to the portion to etch to the crystal growth of the III-V group compound containing N to the portion which is not etched.

[Claim 27] The manufacture method of the semiconductor light emitting device according to claim 26 characterized by carrying out to surface-emitting type laser structure instead of the double hetero structure which consists of III-V group compounds containing said N.

[Claim 28] The semiconductor light emitting device characterized by having undoping or the p type mirror constituted by the laminating structure of an II-VI group compound semiconductor in the surface-emitting type laser structure which consists of an III-V group compound which was produced on silicon on sapphire and said silicon on sapphire, and containing N.

[Claim 29] The semiconductor light emitting device according to claim 28 characterized by being constituted by the laminating structure of MgS and MgSe in said undoping or a p type mirror.

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the light emitting device which consists of an III-V group compound containing N.

[0002]



[Description of the Prior Art] As a key device of next-generation high-density information processing technique, the III-V group compound semiconductor in which short-wavelengthizing of laser is possible and containing N is capturing the spotlight.

[0003] The structure shown in drawing 9 is known as laser structure which consists of III-V group compound semiconductors which contain N conventionally. The cavity length of this structure is 0.5mm in 1mm and stripe width, and the active layer is characterized by having the double hetero structure which is MQW structure. Oscillation wavelength [ of 410nm ], threshold voltage 40V, threshold current 20A, and threshold current density 4kA/cm<sup>2</sup> and duty 0.1% of the room temperature pulse oscillation is realized according to this structure.

[0004] moreover, as surface emission-type laser (Surface-Emitting Laser, omitting SEL) structure which consists of an III-V group compound containing N conventionally Structure as shown in drawing 10 is known (Tohru Honda et.al.;Japan Journal of Applied Physics Vol.34 (1995) pp.3527-3532).

[0005] Moreover, the method of performing dry etching and forming a current injection layer before re-growth, as technology of manufacturing the SEL structure or laser structure which consists of an III-V group compound which contains N as shown in drawing 9 and drawing 10 conventionally, is adopted.

[0006]

[Problem to be solved by the invention] There were two next problems in the technology about the laser structure which consists of III-V group compound semiconductors containing N.

[0007] As for laser structure as shown in above-mentioned drawing 9 , stripe width became at 0.5mm, in a current stricture, threshold current became difficult therefore very greatly with 20A, and the 1st was difficult for the room temperature continuous oscillation of laser.

[0008] Laser structure as shows above-mentioned drawing 9 the 2nd has wide stripe width at 0.5mm, and lateral refractive index difference does not attach it, and it cannot perform transverse-mode control. Therefore, the single transverse-mode oscillation as laser for light information record / reproduction was unrealizable.

[0009] Moreover, there were two next problems in the technology about the surface emission-type laser structure which consists of III-V group compound semiconductors containing the aforementioned N.

[0010] the 1st must raise growing temperature from room temperature to 1000 degrees C or more, when the SEL structure which consists of an III-V group compound containing N as shown in above-mentioned drawing 10 produces a mirror by crystal re-growth -- therefore, heat -- there was a problem that crystalline degradation depended distorted arose.

[0011] When In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N is used the 2nd for an active layer about the SEL structure which consists of an III-V group compound containing N as shown in above-mentioned drawing 10 , in order to raise to the growing temperature of 1000 degrees C or more in the case of crystal

re-growth, there was a problem that desorption of In of an active layer occurred easily.

[0012] Then, this invention realizes eye current stricture and single transverse-mode closed \*\*\*\*, and aims at threshold current offering the semiconductor light emitting device which consists of III-V group compounds containing N lower than before.

[0013]

[Means for solving problem] In order to solve the above-mentioned technical problem, production of the laser structure of this invention or SEL structure is performed by an organic metal gaseous-phase epitaxy SHARU grown method using the organic metal gaseous-phase epitaxy SHARU equipment shown in drawing 6.

[0014] Moreover, when manufacturing the laser structure of this invention, crystal growth of an II-VI group compound is performed by molecular beam epitaxy using the molecular-beam-epitaxial-growth equipment shown in drawing 7.

[0015] Then, this inventor devised the technology shown in (1) - (6) below as technology of manufacturing the laser structure and it which consist of an III-V group compound containing N.

[0016] (1) Etch the surroundings of the electrode of the laser structure which consists of an III-V group compound containing N on a ridge or MESA, laminate with the III-V group compound whose lateral effective index is smaller than the portion which injects current into the etched portion and containing N, and give an embedded structure. By doing so, a current stricture is realized and threshold current falls. Furthermore, since a lateral effective-index difference arises, eye single transverse-mode closed \*\*\*\* is realized.

[0017] (2) Laminate with the II-VI group compound whose lateral effective index is smaller than the portion which etches the surroundings of the electrode of the laser structure which consists of an III-V group compound containing N on a ridge or MESA, and injects current into the etched portion, and give an embedded structure. By doing so, a current stricture is realized and threshold current falls. Furthermore, since a lateral effective-index difference arises, eye single transverse-mode closed \*\*\*\* is realized. Moreover, an II-VI group compound has growing temperature as low as 400 degrees C or less, and desorption of In of an active layer does not take place at the time of re-growth.

[0018] (3) Produce the p type clad layer of the laser structure which consists of an III-V group compound containing N by AlN, and give the lateral effective-index difference between the portion which etches and has self aligned structure of the AlN of an electrode section, and pours in current, and the portion which is not poured in. By doing so, a current stricture is realized and threshold current falls. Moreover, eye single transverse-mode closed \*\*\*\* is realized.

[0019] (4) Produce the p type clad layer of the laser structure which consists of an III-V group compound containing N by AlN. AlN of an electrode section is etched and the lateral effective-

index difference between the portion which carries out crystal growth of the layer which consists of an III-V group compound containing p type N, has self aligned structure, and pours in current on it, and the portion which is not poured in is given. By doing so, a current structure is realized and threshold current falls. Moreover, eye single transverse-mode closed \*\*\*\* is realized.

[0020] (5) The above (1) The oxide of SiO<sub>2</sub> grade is laminated as a mask as a method of manufacturing the laser structure or SEL structure of - (4) into the portion which does not pour in current probably, and the cladding layer of a substrate and the opposite side is removed, in view of the active layer of the portion which pours in current using etching. The mask of SiO<sub>2</sub> grade is removed by etching of an aqua regia etc. after that, crystal growth of the III-V group compound containing N is carried out, and semiconductor laser with embedding hetero structure is produced. If AlN is especially used for the cladding layer of a substrate and the opposite side, AlN is removable with an alkaline aqueous solution like a potassium hydroxide (J. R. Mileham et al.; Appl. Phys. Lett. 67(1995) 1119). Furthermore, the large refractive index difference of AlN of the portion which does not pour in current, and the p type clad layer of a portion which pours in current can be taken. Then, when performing dry etching, worries about crystalline degradation by using the halogen gas accelerated by several 100eV disappear.

[0021] (6) Put a 1000Å or less-thick GaN layer into the regular position in an AlN layer to the laser structure of the above (6) containing especially an AlN layer. Then, it becomes possible to be able to etch an AlN layer to predetermined thickness with an alkaline aqueous solution like a potassium hydroxide, to control the layer thickness of the embedded layer at the time of producing an embedded structure, and to produce single transverse-mode closed \*\*\*\* laser with the sufficient yield.

[0022]

[Mode for carrying out the invention] It explains referring to Drawings about the semiconductor light emitting device and its manufacture method of this invention.

[0023] (Form 1 of operation) It explains, referring to drawing 1, drawing 6, and drawing 8.

The n type SiC (0001) substrate 1 which performed washing and the pretreatment by an organic solvent first is placed on the substrate holder 66 made from carbon, and it supplies in a reactor 67.

[0024] Next, the inside of a reactor 74 is filled with hydrogen of pressure 70Torr, the n type SiC (0001) substrate 1 is heated to 1090 degrees C at a heater 67 the whole substrate holder 66 made from carbon in a hydrogen atmosphere, and the adsorption gas adhering to the surface, an oxide, a moisture child, etc. are removed. The temperature of n type SiC (0001) substrate 1 \*\* is lowered to 540 degrees C after that. The bulbs 70, 71, and 68 of trimethyl aluminum, ammonia, and the gas supply line of Silang are opened, trimethyl aluminum 5.5sccm, ammonia 2.5l./min, and Silang 12.5sccm are passed, and 300Å of n type AlN buffer layers 2

are laminated.

[0025] After laminating n type AlN buffer layer 2, the temperature of the n type SiC (0001) substrate 1 is raised to 1030 degrees C. The bulbs 69, 70, 71, and 68 of trimethylgallium, trimethyl aluminum, ammonia, and the gas supply line of Silang are opened. Trimethylgallium 2.7sccm, trimethyl aluminum 8.7sccm, ammonia 2.5 l/min, and Silang 12.5sccm are passed, and n type aluminum of 1.5 micrometers of layer thickness  $0.2\text{Ga}0.8\text{N}_3$  are laminated.

[0026] After laminating n type aluminum  $0.2\text{Ga}0.8\text{N}_3$ , trimethyl aluminum and the gas supply lines 70 and 68 of Silang are closed. The bulbs 69 and 71 of trimethylgallium and the gas supply line of ammonia are opened, trimethylgallium 2.7sccm, and ammonia 2.5l./min are passed, and 1000A of undoping GaN light guide layers 4 are laminated.

[0027] After laminating the undoping GaN light guide layer 4, the temperature of the n type SiC (0001) substrate 1 is lowered to 680 degrees C. The bulbs 69 and 73 of trimethylgallium and the gas supply line of trimethylindium are opened, trimethylgallium 2.7sccm, trimethylindium 27sccm, and ammonia 10l./min are passed, and 100A of undoping  $\text{Ga}0.9\text{In}0.1\text{N}$  active layers 5 are laminated.

[0028] After laminating 100A of undoping  $\text{Ga}0.9\text{In}0.1\text{N}$  active layers 5, Close the bulb 73 of the gas supply line of trimethylindium, and the temperature of the n type SiC (0001) substrate 1 is raised to 1030 degrees C. The bulbs 69 and 71 of trimethylgallium and the gas supply line of ammonia are opened, trimethylgallium 2.7sccm, and ammonia 2.5l./min are passed, and 1000A of undoping GaN light guide layers 6 are laminated.

[0029] After laminating the undoping GaN light guide layer 6, the bulb 69 of the gas supply line of trimethylgallium is closed. The bulbs 70 and 71 of trimethyl aluminum and the gas supply line of ammonia are opened, trimethyl aluminum 8.7sccm and ammonia 2.5 l/min are passed, and undoping AlN layer 8 of 1.0 micrometers of layer thickness is laminated.

[0030] After laminating undoping AlN layer 8, growth is once ended and a substrate 1 is taken out besides a reactor 74.

[0031] Next, it leaves a 5-micrometer-wide field to a substrate 1, and a mask is carried out by 1000-A-thick  $\text{SiO}_2$ , and it puts in into the saturated water solution of a potassium hydroxide, heats to 100 degrees C, it applies for 10 minutes, and undoping AlN layer 8 is removed. Then,  $\text{SiO}_2$  mask is removed, it rinses with the pure water which is not having the substrate 1 which removed undoping AlN layer 8 ionized, and the organic substance, such as a methanol, washes.

[0032] After washing the organic substance, the substrate 1 again removed in undoping AlN layer 8 is put in into a reactor 74. The inside of a deposition chamber 74 is filled with hydrogen of pressure 70Torr, the n type SiC (0001) substrate 1 is heated to 1090 degrees C at a heater 67 the whole substrate holder 66 made from carbon in a hydrogen atmosphere, and the adsorption gas adhering to the surface, an oxide, a moisture child, etc. are removed. To 1030

degrees C, lower the temperature of a substrate 1 and Then, trimethylgallium, The bulbs 69, 70, 71, and 72 of trimethyl aluminum, ammonia, and the gas supply line of magnesium cyclopentadienyl are opened. Trimethylgallium 2.7sccm, trimethyl aluminum 8.7sccm, Ammonia 2.5l./min, and magnesium cyclopentadienyl 5.0sccm are passed, 1.0 micrometers of p type aluminum0.2Ga0.8N cladding layers 7 are laminated, the laser structure 11 which embedded AlN layer 8 in the shape of a ridge is manufactured, and crystal growth is ended.

[0033] Then, only the bulb of the gas supply line of hydrogen is opened, the temperature of the SiC (0001) substrate 1 is set as 700 degrees C in the hydrogen atmosphere of pressure 70Torr, an annealing is performed for 1 hour, and magnesium which is a p type dopant is activated. The temperature of the SiC (0001) substrate 1 is returned to room temperature after the end of an annealing, and the SiC (0001) substrate 1 by which the laser structure 11 was laminated is taken out out of a metal organic vapor phase epitaxial growth system.

[0034] To SiC substrate 1 by which the laser structure 11 was finally laminated, the substrate 1 back is made to vapor-deposit 1000-A-thick nickel and gold 10 on the surface of an indium 9 and the p type aluminum0.2Ga0.8N cladding layer 7, the cleavage of the substrate 1 is carried out to the cavity length of 1mm, and the semiconductor laser 12 is completed.

[0035] The property of the above-mentioned laser 12 of this invention is described below. An electrical property is described first. The carrier density of a p type and the n type aluminum0.2Ga0.8N cladding layers 3 and 7  $1 \times 10^{18}$  /cm<sup>3</sup> and mobility A p type and the n type aluminum0.2Ga0.8N cladding layer 3, 7 of 10cm of each 2/V-s, It is 250cm<sup>2</sup>/V-s and a p type and the n type clad layers 3 and 7 with small enough resistivity are manufactured. Moreover, ohmic contact was realized among p type aluminum0.2Ga0.8N cladding layer 7 and Au/nickel10, and ohmic contact is further realized also between n type SiC substrate 1 on the back and an indium 9.

[0036] Next, an optical property is described. The oscillation wavelength of laser is 410nm. Since AlN layer 8 is used for the embedded layer, the lateral effective-index difference between the portion which pours in current, and the portion which is not poured in becomes large with 0.1, and a single transverse-mode oscillation is realized. The reflection factor of an end face also of a front and rear \*\* is 22%. Moreover, loss [ in / in the internal loss of laser / 5cm<sup>-1</sup> and a resonator ] is 20cm<sup>-1</sup>. Furthermore, threshold current density is 1/5 of the threshold current density of 800cm<sup>2</sup>/V-s and the laser known from before. Since the laser of this invention uses the embedded layer 8 of AlN, a current stricture is easy, a current spread in a p type or a n type clad layer becomes small compared with conventional laser #, and, as a result, threshold current density falls. Moreover, since dry etching is not used for removing AlN, the internal loss as laser becomes small, and it leads to the fall of threshold current density.

[0037] In addition, the same result is obtained even if it uses the oxide substrate of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ZnO, and LiAlO<sub>2</sub> grade instead of a SiC substrate. Moreover, the same result is obtained even

if the plane direction of a field uses just the OFF substrate which inclined in the [11-20] direction instead of a substrate, for example (0001).

[0038] Moreover, although the potassium hydroxide was used for removing AlN, the same result is obtained even if it uses a sodium hydroxide. Furthermore, the same result is obtained even if it adopts self aligned structure instead of the structure which embedded AlN layer 8 in the shape of a ridge.

[0039] Self aligned structure is shown in drawing 11. Undoping AlN layer 8a is formed on the p type clad layer 7, since this AlN layer 8a is high resistance, current does not flow, but current is poured in from the electrode 10 on the field in which undoping AlN layer 8a is not formed. Such structure is read with self aligned structure here.

[0040] (Form 2 of operation) It explains using drawing 2. The process until it laminates the undoping GaN light guide layer 18 of a substrate 13 and the opposite side on both sides of the Ga<sub>0.9</sub>In<sub>0.1</sub>N active layer 17 from washing by an organic solvent and a pretreatment is the same as the form 1 of operation.

[0041] After laminating the undoping GaN light guide layer 18, the bulb of the gas supply line of trimethylgallium is closed. The bulb of trimethyl aluminum, ammonia, and the gas supply line of magnesium cyclopentadienyl is opened. Trimethyl aluminum 8.7sccm, ammonia 2.5 l/min, and magnesium cyclopentadienyl 5.0sccm are passed, and p type AlN layer 20 of 0.1 micrometer of layer thickness is laminated.

[0042] After laminating p type AlN layer 20, the bulb of trimethyl aluminum is closed. The bulbs 69, 71, and 72 of trimethylgallium, ammonia, and the gas supply line of magnesium cyclopentadienyl are opened. Trimethyl aluminum 8.7sccm, ammonia 2.5 l/min, and magnesium cyclopentadienyl 5.0sccm are passed, and the p type GaN layer 21 of 500Å of layer thickness is laminated.

[0043] After laminating the p type GaN layer 21, the bulb 72 of trimethylgallium and the gas supply line of magnesium cyclopentadienyl is closed. The bulbs 70 and 71 of trimethyl aluminum and the gas supply line of ammonia are opened, trimethyl aluminum 8.7sccm and ammonia 2.5 l/min are passed, and undoping AlN layer 22 of 0.9 micrometer of layer thickness is laminated. After laminating undoping AlN layer 22, growth is once ended and a substrate 13 is taken out besides a reactor 74.

[0044] Next, on AlN layer 22 on a substrate 13, it leaves a 10-micrometer-wide field and a mask is carried out by 1000-Å-thick SiO<sub>2</sub>, and it puts in into the saturated water solution of a potassium hydroxide, heats to 100 degrees C, it applies for 10 minutes, and undoping AlN layer 22 on a mask is removed. Then, SiO<sub>2</sub> mask is removed, it rinses with the pure water which is not having the substrate 13 which removed undoping AlN layer 22 ionized, and the organic substance, such as a methanol, washes.

[0045] After washing the organic substance, the substrate 13 again removed in undoping AlN

layer 22 on a mask is put in into a metal organic vapor phase epitaxial growth system. The inside of a deposition chamber is filled with hydrogen of pressure 70Torr, the n type SiC (0001) substrate 13 is heated to 1090 degrees C at a heater the whole substrate holder made from carbon in a hydrogen atmosphere, and the adsorption gas adhering to the surface, an oxide, a moisture child, etc. are removed.

[0046] To 1030 degrees C, lower the temperature of a substrate 13 and Then, trimethylgallium, The bulbs 69, 70, 71, and 72 of trimethyl aluminum, ammonia, and the gas supply line of magnesium cyclopentadienyl are opened. Trimethylgallium 2.7sccm, trimethyl aluminum 8.7sccm, Ammonia 2.5l./min, and magnesium cyclopentadienyl 5.0sccm are passed. 1.0 micrometers of p type aluminum0.2Ga0.8N cladding layers 19 are laminated, and into the portion in which AlN layer 22 carried out the opening, the AlGaIn layer 19 manufactures the laser structure 25 which became ridge-like, and ends crystal growth into it.

[0047] Then, only the bulb of the gas supply line of hydrogen is opened, the temperature of the SiC (0001) substrate 13 is set as 700 degrees C in the hydrogen atmosphere of pressure 70Torr, an annealing is performed for 1 hour, and magnesium which is a p type dopant is activated. The temperature of the SiC (0001) substrate 13 is returned to room temperature after the end of an annealing, and the SiC (0001) substrate 13 by which the laser structure 25 was laminated is taken out out of a metal organic vapor phase epitaxial growth system.

[0048] To SiC substrate 13 by which the laser structure 25 was finally laminated, the substrate 13 back is made to vapor-deposit 1000-A-thick nickel and gold 24 on the surface of an indium 23 and the p type aluminum0.2Ga0.8N cladding layer 19, the cleavage of the substrate 13 is carried out to the cavity length of 1mm, and laser 26 is completed.

[0049] The property of the above-mentioned laser 26 of this invention is described below. An electrical property is described first. The carrier density of a p type and the n type aluminum0.2Ga0.8N cladding layers 19 and 15  $1 \times 10^{18}$  /cm<sup>3</sup> and mobility A p type and the n type aluminum0.2Ga0.8N light guide layer 19, 15 of 10cm of each 2/V-s, It is 250cm<sup>2</sup>/V-s and a p type and the n type clad layers 19 and 15 with small enough resistivity are manufactured. Moreover, ohmic contact was realized among p type aluminum0.2Ga0.8N cladding layer 19 and nickel/Au24, and ohmic contact is further realized also between n type SiC substrate 13 on the back and an indium 23.

[0050] Next, an optical property is described. The oscillation wavelength of laser is 410nm. Since AlN layer 22 is used for the embedded layer, the lateral effective-index difference between the portion which pours in current, and the portion which is not poured in becomes large with 0.1, and a single transverse-mode oscillation is realized. The reflection factor of an end face also of a front and rear \*\* is 22%. Moreover, loss [ in / in the internal loss of laser 26 / 5cm<sup>-1</sup> and a resonator ] is 20cm<sup>-1</sup>. Furthermore, threshold current density is 1/5 of the threshold current density of 800cm<sup>2</sup>/V-s and the laser known from before.

[0051] Since the laser 26 of this invention uses the embedded layer 22 of AlN, a current stricture is easy, a current spread in a p type or a n type clad layer becomes small compared with the conventional laser, and, as a result, threshold current density falls. Moreover, since dry etching is not used for removing AlN, the internal loss as laser becomes small, and it leads to the fall of threshold current density.

[0052] Moreover, undoping AlN layer 22 is removed to this side of the 500-A-thick p type GaN layer 20. The p type GaN layer 21 works as an etching stopping layer. P type AlN layer 20 remains without removing 1000A. That is, since p type AlN layer 22 has left 1000A correctly, the rate of the yield by etching of the laser which realizes a single transverse-mode oscillation improves.

[0053] Though a laser beam becomes a multimode even if the refractive index difference of the AlGaIn layer 19 and AlN layer 20 is large and makes stripe width of the AlGaIn layer 19 small by this When AlN layer 20 forms under the AlGaIn layer 19, the refractive index difference of directly under [ stripe ] and the outside of a stripe can be adjusted so that it may become small, and in order to realize the single transverse mode, the tolerance which realizes the single transverse mode becomes large that what is necessary is just to optimize AlN layer 20.

[0054] In addition, the same result is obtained even if it uses the oxide substrate of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ZnO, and LiAlO<sub>2</sub> grade instead of a SiC substrate. Moreover, the same result is obtained even if it uses an OFF substrate instead of a substrate just.

[0055] Moreover, the same result is obtained even if it uses a p type Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N (0≤x<1) layer instead of p type AlN layer 20. Moreover, although the potassium hydroxide was used for removing AlN, the same result is obtained even if it uses a sodium hydroxide. Furthermore, the same result is obtained even if it adopts self aligned structure instead of the structure which formed the AlN layer in the both sides of the AlGaIn layer 19. Self aligned structure is as drawing 11 .

[0056] (Form 3 of operation) It explains using drawing 3 . The process until it laminates the undoping GaN light guide layer 32 of a substrate 27 and the opposite side on both sides of the Ga<sub>0.9</sub>In<sub>0.1</sub>N active layer 31 from washing by an organic solvent and a pretreatment is the same as the form 1 of operation.

[0057] After laminating the undoping GaN light guide layer 32, the bulb 69 of the gas supply line of trimethylgallium is closed. Although the bulbs 70 and 71 of trimethyl aluminum and the gas supply line of ammonia are opened, and trimethyl aluminum 8.7sccm, and ammonia 2.5l./min are passed and not being illustrated, the undoping AlN layer of 1.0 micrometers of layer thickness is laminated.

[0058] After laminating an undoping AlN layer, growth is once ended and a substrate 27 is taken out besides a metal organic vapor phase epitaxial growth system.

[0059] Next, it has a 5-micrometer-wide opening in a substrate 27, and a mask is made it by



1000-A-thick SiO<sub>2</sub>, it puts in into the saturated water solution of a potassium hydroxide, and heats to 100 degrees C, and it applies for 10 minutes, an undoping AlN layer is removed, and an opening is formed in an AlN layer. Then, it rinses with the pure water which is not having the substrate 27 which removed the undoping AlN layer of the portion which has not carried out the mask ionized, and the organic substance, such as a methanol, washes.

[0060] After washing the organic substance, the substrate 27 again removed in the undoping AlN layer is put in into a reactor 74. The inside of a reactor 74 is filled with hydrogen of pressure 70Torr, the n type SiC (0001) substrate 27 is heated to 1090 degrees C at a heater 67 the whole substrate holder 66 made from carbon in a hydrogen atmosphere, and the adsorption gas adhering to the surface, an oxide, a moisture child, etc. are removed. To 1030 degrees C, lower the temperature of a substrate 27 and Then, trimethylgallium, The bulbs 69, 70, 71, and 72 of trimethyl aluminum, ammonia, and the gas supply line of magnesium cyclopentadienyl are opened. Trimethylgallium 2.7sccm, trimethyl aluminum 8.7sccm, ammonia 2.5 l/min, and magnesium cyclopentadienyl 5.0sccm are passed, and 1.0 micrometers of p type aluminum0.2Ga0.8N cladding layers 34 are laminated to the opening of an AlN layer, and are embedded at it.

[0061] The substrate 27 of the laser structure 38 which embedded the AlGa<sub>N</sub> cladding layer 34 into the AlN layer is taken out besides a reactor 74. To a substrate 27, a mask is carried out by 1000-A-thick SiO<sub>2</sub>, and it puts in into the saturated water solution of a potassium hydroxide, heats to the field to which the 5-micrometer-wide p type aluminum0.2Ga0.8N cladding layer 34 is laminated to 100 degrees C, it applies to it for 10 minutes, and an undoping AlN layer is removed. Then, SiO<sub>2</sub> mask is removed, it rinses with the pure water which is not having the substrate 34 which removed the undoping AlN layer ionized, and the organic substance, such as a methanol, washes. Thereby, the structure which the AlGa<sub>N</sub> cladding layer 34 consisted ridge-like of is acquired. The AlN layer used here is not used as a part of laser structure, but is used as a dummy film for forming laser structure.

[0062] [ the substrate 27 which removed again the undoping AlN layer which is a dummy film ] after washing the organic substance It puts in into a deposition chamber 80 shortly, the degree of vacuum in a deposition chamber 80 is set to 10-10Torr, the n type SiC (0001) substrate 27 stuck on the molybdenum block 76 is heated to 600 degrees C, and the adsorption gas adhering to the surface, an oxide, a moisture child, etc. are removed.

[0063] Then, the temperature of a substrate 27 is lowered to 300 degrees C, the cell 78 of MgS heated by even 800 degrees C is opened, the laser structure 38 which irradiated the substrate 27 and embedded BIMUFURAKKUSU \*\* of 5X10-7Torr by undoping MgS35 is manufactured, and crystal growth is ended again. A substrate 27 is taken out out of a deposition chamber 80 after that.

[0064] Then, it puts in into a reactor 74, only the bulb of the gas supply line of hydrogen is

opened, the temperature of the SiC (0001) substrate 27 is set as 700 degrees C in the hydrogen atmosphere of pressure 70Torr, an annealing is performed for 1 hour, and magnesium which is a p type dopant is activated. The temperature of the SiC (0001) substrate 27 is returned to room temperature after the end of an annealing, and the SiC (0001) substrate 27 by which laser structure # was laminated is taken out out of a metal organic vapor phase epitaxial growth system.

[0065] To SiC substrate 27 by which the laser structure 38 was finally laminated, the substrate # back is made to vapor-deposit 1000-A-thick nickel/Au37 on the surface of an indium 36 and the p type aluminum0.2Ga0.8N cladding layer 34, the cleavage of the substrate 27 is carried out to the cavity length of 1mm, and laser 39 is completed.

[0066] The undoping MgS layer is used for embedding in this example. Since this growth can grow temperature at 300 degrees C, it does not have to make growing temperature high temperature for embedding, and does not require the heat history for a laser crystal, but can prevent deterioration of the quality of a crystal.

[0067] The property of the above-mentioned laser 39 of this invention is described below. An electrical property is described first. The carrier density of a p type and the n type aluminum0.2Ga0.8N cladding layers 34 and 29  $1 \times 10^{18}$  /cm<sup>3</sup> and mobility A p type and the n type aluminum0.2Ga0.8N cladding layer 34, 29 of 10cm of each 2/V-s, It is 250cm<sup>2</sup>/V-s and a p type and the n type clad layers 34 and 29 with small enough resistivity are manufactured. Moreover, ohmic contact was realized among p type aluminum0.2Ga0.8N cladding layer 34 and nickel/Au37, and ohmic contact is further realized also between n type SiC substrate 27 on the back and an indium 36.

[0068] Next, an optical property is described. The oscillation wavelength of laser is 410nm.